

DUE DATE SLIP

GOVT. COLLEGE, LIBRARY

KOTA (Raj.)

Students can retain library books only for two weeks at the most.

BORROWER'S No.	DUE DATE	SIGNATURE

1

प्राकृतिक भूवृत्त
PHYSIOGRAPHY

हिन्दी में विशिष्ट अध्ययन

P H Y S I O | G

लक्ष्मीनारायण अग्रवाल

अस्पताल रोड, आगरा—३

प्राकृतिक भूवृत्त

I O G R A P H Y

चित्रों, अनुकृतियों एवं फोटो ब्लाकों से युक्त
विस्तृत एवं तुलनात्मक विशेष अध्ययन

1967 Edition

*Hindi Translation of Third Thoroughly Revised Edition of Physiography
by Rollin D Salisbury*

मूल्य . तीस रुपये

दुर्गा प्रिंटिंग वर्क्स, आगरा-४

प्रकाशकीय

सुप्रसिद्ध भूगोलवेत्ता रोलिन डी. सेलिसवरी कृत 'PHYSIOGRAPHY' के तृतीय अंग्रेजी संस्करण का हिन्दी अनुवाद प्रस्तुत करते हुए हमें अत्यन्त हर्ष है। विद्वज्जन पाठको के विशिष्ट अनुरोध एवं प्रेरणा पर ही यह दुरूह कार्य आरम्भ हुआ और वर्षों के अथक परिश्रम के पश्चात् आज यह उनके समक्ष अध्ययन हेतु प्रस्तुत है। इसका अनुवाद श्री वशीधरसिंह, प्रिंसिपल, बलवन्त राजपूत ट्रेनिंग कालेज ने जिस तन्मयता एवं लगन से पूरा किया, उनके लिए हम उनके अभारी हैं; किन्तु श्री विशम्भरनाथ गर्ग को धन्यवाद दिये बिना भी इस वक्तव्य की इतिश्री नहीं की जा सकती, जिन्होंने सम्पूर्ण पाण्डुलिपि को पढ़-लिखकर प्रेस-काँपी का रूप प्रदान किया।

—प्रकाशक

विषय-सूची

भाग १

स्थलमण्डल

१

उद्भूत आकृतियाँ

प्रथम क्रम की उद्भूत आकृतियाँ	...	...	...	पृष्ठ ३
[स्थल-मच—७; स्थल-मच और मागर-द्रोणो की अविच्छिन्नता—७; महाद्वीपो का वर्गीकरण—८, प्रथम क्रम की उद्भूत आकृति का उद्भव—९]				
द्वितीय क्रम की उद्भूत आकृतियाँ	...	...	...	१२
मैदान	...	...	...	१२
[नदीय मैदान—१३, समोच्च रेखा मानचित्र की व्याख्या—१६; समोच्च रेखा मानचित्र अभ्यास—१८; आन्तरिक मैदान—२०; मैदानों की स्थलकृति—२१; विस्तार और निवास-योग्यता—२२]				
पठार	...	...	...	२३
[पठारों की स्थिति एवं विस्तार—२७; पठारों की उद्भूति—२७, पठारों के अन्य लक्षण—२८; पठारों की उत्पत्ति अथवा उद्भव—३०]				
पर्वत	...	...	...	३१
[पर्वतों का ऐतिहासिक महत्त्व—३३, उद्भव—३६]				
अधीनस्थ स्थलाकृतिक आकृतियाँ	...	...	...	३६
सामान्य स्थलाकृतिक आकृतियों का विकास	...	...	...	३६
[स्थल पर हो रहे परिवर्तन—३६]				
स्थल के पदार्थ	...	...	...	४३
[आवरण-शैल—४३, शैल—४४, ठोस शैल के वर्ग—४६, तलछटी शैल—४६, आग्नेय शैल—४७; कायान्तरित शैल—४८]				

२

वायुमण्डल का कार्य

वलकृत क्रिया—पवन की क्रिया	...	...	...	५०
धूल	...	...	...	५०
[सार्वभौमिकता—५०; धूल के स्रोत—५१; ज्वालामुखी की धूल—५१; लोएस—५३; धूल किस प्रकार वायु में रहती है—५४; वितरण—५६, पवन के क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव—५६]				

बालू	...	...	...	...	पृष्ठ ५६
[बालू के स्रोत—५६, पवनोद बालू का सवास—५६, बलुआ टिब्बे—५७, बलुआ टिब्बो का वितरण—५७, बलुआ टिब्बो की समाकृति—५९; वायूद बालू की नाशन-शक्ति—५९, बलुआ टिब्बो का प्रव्रजन अथवा स्थानान्तरण—६१; समस्त वायूद बालू बलुआ टिब्बो में नहीं—६३, तरंग-चिह्न—६३; क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव—६३; पवन द्वारा घर्पण—६४]					
वायु के अवयवों द्वारा रासायनिक क्रिया	...	...	...	...	६५
[अपक्षयण—६६]					
वायु के प्रभाव द्वारा किये गये परिवर्तन	...	...	...	...	६६
[हिमीकरण और हिम-द्रवण—६६; शैल का विस्तरण और सकुचन, शैल-विघटन—६७]					
सारांश	...	...	...	...	७०

३

भूमिगत-जल की क्रिया

सामान्य तथ्य	...	...	...	...	७१
[स्थल-जल का स्रोत—७१, वर्षा के जल की स्थिति—७२, भूमिगत-जल का अस्तित्व—७४; भूमिगत-जल का स्रोत—७४; भूमिगत-जल का उतार—७५; भूमिगत-जल का तल—७६, भूमिगत-जल की मात्रा—७७, भूमिगत-जल की गतिविधि—७७]					
झरने	...	...	...	...	८०
[तापमान—८१, खनिज और ओपधीय झरने—८२, गरम पानी के झरने या उष्णोत्स—८२, उत्सृत तथा बहते हुए कूप—८५]					
भूमिगत-जल की क्रिया	...	...	...	...	८७
रासायनिक क्रिया	...	...	...	...	८७
[विलयन—८७, निक्षेपण—९०, अन्य परिवर्तन—९५, सारांश—९५]					
वलकृत क्रिया	...	...	...	...	९५
[घर्पण—९५; अवपतन, स्खलन आदि—९५]					
अपक्षयण	...	...	...	...	९८
[अपक्षयण को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ—९९]					

वहते हुए जल की क्रिया

[सरिता-जल के स्रोत—१०२]

नदियों के अपक्षरण कार्य ... १०६

[वोझ और वोझिल क्रिया—१०८, वहन—११३; वोझ की मात्रा—११३, अपक्षरण की परिभाषा—११५, निक्षेपण अपक्षरण का परिणाम है—११५]

नदियों द्वारा अपनी घाटियों में किये गये परिवर्तन ... ११५

[घाटियों को गहरा करना—११५; गहराई की सीमा—११७; घाटियों का चौड़ा होना—११७; समपृष्ठ घाटी—१२२; घाटियों को लम्बा करना—१२५; सारांश—१२७]

नदी-तन्त्र का इतिहास ... १२७

[घाटियों के मार्ग—१२६; स्थायी धारा—१३०, सभी घाटियाँ मयानी नालियाँ नहीं होती—१३१; सहायक नदियों का विकास—१३१; एक घाटी के इतिहास की अवस्थाएँ—१३२, अपक्षरण-चक्र—१३६, प्रायसम भूमि—१३६]

स्थल परिभ्रंशन की गति ... १३७

[अपक्षरण की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ—१३८]

अपक्षरण से उत्पन्न विशेष प्रकार की आकृतियाँ ... १४०

[प्रपाती खड्ड और कन्दराएँ—१४०; दोपयुक्त भूमि—१४४, प्राकृतिक पुल—१४५]

चट्टान की विषम कठोरता के प्रभाव ... १४७

[द्रुतवाह और प्रपात—१४७; सकीर्ण घाटियाँ—१५१; चट्टानी सीढ़ियाँ—१५३; अवशिष्ट शैल, चट्टानी कटक आदि—१५३]

नदियों में होने वाली घटनाएँ ... १५६

[निमज्जन—१५६; पुनर्जीवन—१५६, तडागीकरण—१५८; प्रग्रहण—१५८]

अनुवर्ती और पूर्ववर्ती धाराएँ ... १६०

प्रवाहित जल द्वारा निक्षेपण ... १६१

निक्षेपण के कारण ... १६२

[वेग की कमी—१६२; सहायक नदियों द्वारा अत्यधिक वोझ—१६३]

कछारी निक्षेपों की स्थिति और स्थलाकृतिक रूप ...	पृष्ठ १६४
---	-----------

[प्रपाती ढालो के आधारों पर—१६४; जलोढ अथवा कछारी पंख १६५; त्रुटियुक्त जलोढक—१६६, घाटियों के नितल में—१६६; बाढ़ के मैदान का विसर्पण—१६६, कछारी मैदानों की उर्वरता—१७१; नदियों की बाढ़ें—१७४, कछारी सीढियाँ—१७८, वहिर्मुखी विवरों पर—१७६]

५

शीत तथा हिम के कार्य

[तल के नीचे की हिम—१८५, शीतलो की हिम—१८६, समुद्र पर हिम—१८८, हिम-पद—१९०, नदियों की हिम—१९१, स्थल पर स्थित हिम—१९२, शीत—१९२; शीत-क्षेत्र—१९३, शीत-रेखा—१९५; हिम-क्षेत्र—१९६]

हिमनदियाँ ...	१९७
---------------	-----

[हिमनदियों के प्रकार—१९७]

घाटी की हिमनदी ...	२०१
--------------------	-----

[इसका तल—२०१]

गतिविधि ...	२०५
-------------	-----

[हिम का क्षय और संप्राप्ति—२०५, संचलन की गति—२०६; संचलन की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ—२०७; हिमनदी की गति का स्वरूप—२०८, आकार—२१०]

हिमावरण ...	२११
-------------	-----

गिरिपाद अथवा पर्वत प्रान्तीय हिमनदियाँ ...	२१४
--	-----

हिमनदियों की क्रिया ...	२१७
-------------------------	-----

[अपक्षरण—२१७; एकत्रित सामग्री—२२८; उस मलवे का परिवहन और तरतीब या प्रवृत्ति जो हिमनदी के मार्ग में आता है—२२९]

हिमनदियों द्वारा निक्षेपण ...	२३०
-------------------------------	-----

[सीमान्त हिमोढ—२३२, तल पर स्थित हिमोढ—२३२; पार्श्विक हिमोढ—२३३; अपोढ का वितरण एवं विन्यास—२३६; पुन आरम्भ होने की क्रिया—२३७]

हिमनदी सम्बन्धी निक्षेप ...	२४०
-----------------------------	-----

प्लावी हिमशैल ...	२४४
-------------------	-----

प्राचीन हिमनदियाँ और हिम-चादरें ...	२४५
-------------------------------------	-----

हिमनदियों के युगों के कारण ...	२४६
--------------------------------	-----

				पृष्ठ
महाद्वीपीय हिमनदियों द्वारा उत्पन्न परिवर्तन	...	...	...	२४६
अपक्षरण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन	...	...	...	२५०
[उच्च भूमियो पर—२५०, घाटियों में—२५०, ञैल-तल—२५०]				
निक्षेपण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन	...	...	...	२५१
[अपोड का सामान्य वितरण—२५१, सीमान्त हिमोड—२५१; तल पर स्थित हिमोड—२५४, स्थलाकृति पर अपोड का प्रभाव— २५५, अपवाह पर अपोड निक्षेपो का प्रभाव—२५५; स्तरयुक्त अथवा स्तरित अपोड—२६०, हिमाच्छादन का मानवीय क्रियाओ पर प्रभाव—२६२]				

६

झीले और तट

सामान्य तथ्य	...	...	...	२६४
[परिभाषा—२६४]				
झीलो का वितरण	...	...	...	२६५
[अक्षाणो में—२६५; पर्वतो में—२६५; नदियों के साथ-साथ— २६६, तटों के साथ-साथ—२६६, तटीय मैदानों पर—२६७; हिमनदियों से युक्त मैदानों और पठारों पर—२६७; पठारों पर— २६७, अन्य स्थितियाँ—२६७]				
क्षेत्रफल और स्थलाकृतिक स्थिति	...	...	...	२६७
[गहराई—२६८, मात्रा अथवा आयतन—२७१; झील के जल की गतियाँ—२७१, समतल परिवर्तन—२७१]				
झीलों के अस्तित्व के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ	...	...	...	२७१
[झील के जल के स्रोत—२७२]				
झीलों में होने वाले परिवर्तन	...	...	...	२७२
[उनकी द्रोणियों का भरण—२७२, उनके निकास-मार्ग का नीचा होना—२७३, झीलों का भविष्य—२७३]				
झील द्रोणियों का उद्भव	...	...	...	२७४
[पटल-विरूपण—२७४, ज्वालामुखीय क्रिया—२७५; क्रम- स्थापन—२७६, नदीकृत झीले—२७६, तरंगों और तटीय धाराओं द्वारा उत्पन्न झीले—२८२, हिमनदीकृत झीले—२८२; अवपतित झीले—२८४, विलयन, अपक्षयण, पवन आदि—२८४; हिमनदीकृत झीले स्थलाकृतिक युग की संकेत—२८५]				
खारी झीले	...	...	...	२८५
जलवायु पर झीलों का प्रभाव	...	...	...	२८७

आर्थिक लाभ और हानियाँ	...	...	...	पृष्ठ २८८
तटों की स्थलाकृतिक आकृतियाँ	...	...	...	२८९
वर्तमान काल में तटों पर होने वाले श्रेणीकरण के परिवर्तन	...	...	...	२८९
[लहरें, अधोवाह, तटीय धाराएँ—२८९, तरंगों के अपक्षरण कार्य—२९१; तरंगों, तटीय धाराओं आदि द्वारा निक्षेपण—२९६; नदियाँ—२९९; पवन—३०१; हिमनदियाँ—३०३, तटीय हिम— ३०३]				
विलुप्त झीलें	...	...	...	३०३

७

ज्वालामुखीय क्रिया

सक्रिय ज्वालामुखियों के उदाहरण	...	...	...	३०८
[स्ट्राम्बोली—३०८; विसूवियस—३०९; क्रेकेतोआ—३१५; मॉण्ट पेली और साउफ्रियरे—३१७, ला साउफ्रियरे—३२३; माउण्ट लासेन—३२४; हवाई द्वीप के ज्वालामुखी—३२७; उद्गार की सामान्य क्रिया—३३१]				
ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न पदार्थ	...	...	...	३३३
[लावा—३३३; अंगार, राख आदि—३३४; गैसे तथा वाष्प— ३३४]				
ज्वालामुखियों की संख्या, वितरण आदि	...	...	...	३३४
[संख्या—३३४, वितरण—३३६, ऐतिहासिक—३३७]				
आग्नेय क्रिया पूर्णतः ज्वालामुखीय नहीं	...	...	...	३३८
[दरारों के उद्गार—३३८; लावा का अन्तर्भेदन—३४१]				
ज्वालामुखीय क्रिया के कारण	...	...	...	३४१
[प्राथमिक ऊष्मा—३४२; द्वितीय ऊष्मा—३४३; सारांश—३४३]				
ज्वालामुखीय क्रिया का स्थलाकृतिक प्रभाव	...	...	...	३४५
[ज्वालामुखियों के शंकु—३४५; ज्वालामुखीय शंकुओं का विनाश— ३४८; नवीन शंकुओं के उदाहरण—३४९, समाप्तप्राय शंकुओं के उदाहरण—३४९; रैनीयर पर्वत—३५०, हूड पर्वत—३५०; मेरिसविले स्कन्धागिरि—२५०, सैनफ्रांसिस्को पर्वत—३५१]				
ज्वालामुखीय क्रिया के अप्रत्यक्ष स्थलाकृतिक प्रभाव	...	...	...	३५२
[ज्वालामुखीय ग्रीवाएँ—३५२; स्तम्भाकार रचना—३५४]				
पंक ज्वालामुखी	...	...	...	३५४



भूपटल-संचलन—पटल-विरूपण

सुदीर्घकालीन परिवर्तन	...	...	...	३५६
स्थल के उच्चयन के प्रमाण	...	...	...	३५७

[मानव सरचनाएँ—३५७; जिलाएँ—३५७; मापन—३५७, कार्वनिक अवशेष—जीवाश्म—३५७; उन्नत पुलिन, आदि—३५६; समुद्री उत्प्रपात—३५६; समुद्री कन्दराएँ—३५६]

सापेक्ष धँसकन के प्रमाण	३५६
-------------------------	-----	-----	-----	-----

[मानव सरचनाएँ—३५६; निमग्न वन—३६१; निमग्न घाटियाँ—३६१; इटली का एक मन्दिर—३६१]

स्थल एवं समुद्र में से किसके तल का परिवर्तन होता है	३६२
---	-----	-----	-----	-----

समुद्र का तल क्यों परिवर्तित होता है	३६४
--------------------------------------	-----	-----	-----	-----

[अवसादन—३६०; अन्तःसागरीय ज्वालामुखीय वह्निनिष्कासन—३६५; भूपटल-विरूपण—३६५]

स्थल के तल का परिवर्तन क्यों होता है	३६६
--------------------------------------	-----	-----	-----	-----

महाद्वीपों के भीतरी भागों में तल का परिवर्तन	३६६
--	-----	-----	-----	-----

[सामान्य तथ्य—३६६; विस्तार—३६७; तल के प्राचीन परिवर्तन—३६६; तल के सम्भावित परिवर्तन—३६६]

भूपटल का विरूपण	३७०
-----------------	-----	-----	-----	-----

[विकुचन और बलन—३७०; भ्रंशन—३७१]

भूकम्प	३७४
--------	-----	-----	-----	-----

[परिभाषा—३७४, भूकम्प की शक्ति एवं विनाश करने की सामर्थ्य—३७४, उदाहरण—३७७, सागर के नितल से प्रारम्भ होने वाले भूकम्प—३८६; भूकम्प-तरंग—३८६; आवृत्ति—३८७; वितरण—३८६, भूकम्पों के कारण—३८०; भूकम्प से उत्पन्न तल परिवर्तन—३८२]

प्राकृतिक भूवृत्तिक आकृतियों का उद्भव एवं इतिहास

मैदान	...	...	...	३८३
पठार	...	...	...	३८५
पर्वत	...	...	...	३८५

[पर्वतों का वितरण—३८७; ऊँचाई—३८८; सागर-स्थित पर्वत—३८८; पर्वतों में होने वाले परिवर्तन—३८६]

पर्वतों का उद्भव

...

...

...

[ज्वालामुखी पर्वत—४०२, अपक्षरण-जनित पर्वत—४०३;

अन्तर्भेदन एवं उत्थान—४०४, मुड़ाव-जनित पर्वत—४०४, भ्रंशन

द्वारा उत्पन्न पर्वत—४०६, सारांश—४०७]

= पर्वतों का मानव जाति पर प्रभाव ...

..

...

४०७

[जलवायु के प्रभाव—४०७, पर्वत परिवहन में बाधक होते हैं—

४०८, जानवरो तथा पौधों के लिए पर्वत प्रभावशाली बाधक हैं—४१०,

पर्वतों में खनिज पदार्थ मिलते हैं—४१०, पर्वतों में कृषि—४१०;

प्राकृतिक दृश्य सम्बन्धी प्रभाव—४१०]

महाद्वीपों की रूपरेखा

...

...

..

४११

[आकार—४११, स्थिति—४१३; उद्भूति—४१३, विभिन्न प्रकार

की विषमताओं का वितरण—४१४, क्रम-स्थापन के कारक—४१५,

पटल-विरूपण—४१६, ज्वालामुखीय क्रिया—४१७]

प्रयुक्ति

...

...

...

४१७

[ऐतिहासिक प्रभाव—४१८]

द्वीप

..

...

...

.

४१९

[पटल-विरूपण द्वारा—४१९, ज्वालामुखीयता द्वारा—४२०,

श्रेणीकरण द्वारा—४२०, पटल-विरूपण, श्रेणीकरण और ज्वाला-

मुखीयता की क्रियाओं के संयोग द्वारा—४२१; जीवज क्रियाओं

द्वारा—४२२]

१०

पार्थिव (भौतिक) चुम्बकत्व

[नमन—४२६, तीव्रता—४२६]

भाग २

११

भौमिक सम्बन्ध

[स्वरूप—४३३, आकार—४३५]

गतियाँ

...

..

...

...

४३५

[परिभ्रमण—४३५, परिभ्रमण का प्रभाव—४३६, परिक्रमण—

४३६]

अक्षांश, देशान्तर और समय

...

...

...

४४१

[अक्षांश—४४१, देशान्तर—४४२, देशान्तर और समय—४४३,

अक्ष का झुकाव और उसके प्रभाव—४४८, सूर्य की स्पष्ट दिखाई देने

वाली गति—४५१, अक्षांश और सूर्य की ऊँचाई—४५२]

समस्याएँ	...	...	...	...	पृष्ठ
सौर-परिवार	...	...	...	...	४५३
					४५५

भाग ३

वायुमण्डल

१२

वायुमण्डल विषयक सामान्य धारणा

[वायु के नस्त्व—४५६; जेप पृथ्वी के साथ सम्बन्ध—४६०;
घनत्व—४६०; ऊँचाई—४६१; आयतन—४६३; मात्रा—४६३;
इतिहास—४६४]

१३

वायुमण्डल का संघटन

[प्रमुख अवयव—४६५; वायुमण्डल के छोटे अंग—४६५; अगुद्वियाँ—४६६; विभिन्न अवयवों का पारस्परिक सम्बन्ध—४६६]	...	...	...	४६६
वायुमण्डल के तत्त्वों के कार्य	...	...	...
[नाइट्रोजन—४६६ ऑक्सीजन—४६७, जलवाष्प—४७०; वायुमण्डल की धूल—४७१]				

१४

वायु का तापमान

[तापमापी या तापमापक यन्त्र—४७३]

वायुमण्डल का तापन	४७४
-------------------	-----	-----	-----	-----

[ऊष्मा के स्रोत—४७४, सूर्य के द्वारा ताप—४७५, ऊष्मा का
प्राथमिक वितरण—४७६, तापन एवं शीतल होने की क्रिया—४७६;
विकिरण—४७६, संचालन—४७६, संवाहन—४८०, सूर्य वायुमण्डल
का तापन कैसे करता है—४८२, स्थल एवं जल का गरम व शीतल
होना—४८३; ऊष्मा का द्वितीया का वितरण—४८४; समतापीय
परत—४८५]

ऋतुएँ	४८५
-------	-----	-----	-----	-----

[ग्रीष्म और शिशिर में अन्तर—४८६, हमारी ग्रीष्म ऋतु कब
और क्यों होती है—४८७; ऋतु-परिवर्तन—४८७; अन्य अक्षांशों में
ऋतुएँ—४८८; सूर्य की विभिन्न दूरियों का प्रभाव—४९०, तापमान
पर ऊँचाई का प्रभाव—४९०]

मानचित्र में तापमान का प्रदर्शन	४९४
---------------------------------	-----	-----	-----	-----

[समताप रेखाएँ—४९४; समतापीय रेखाचित्र—४९४; समताप

रेखाओ की स्थितियाँ और उनके मार्ग—४६५, ऊँचाई—५००, समतापीय तल—५०१]			
तापमान का दैनिक तापान्तर	...	...	५१२
तापमान का ऋतु सम्बन्धी तापान्तर	..	...	५१५
वायुमण्डलीय तापमान का वायुमण्डलीय गति पर प्रभाव		..	५१६
[स्थल एवं सागर की समीरे—५१७; मानसून पवने—५१८; पर्वत एवं घाटियों की समीरे—५१८, ऊर्ध्वाधर गतियाँ एवं तापमान—५१९]			

१५

वायु की आर्द्रता

[वायुमण्डलीय अर्द्रता का कार्य—५२०, जलवाष्प के स्रोत : वाष्पीकरण—५२१, वाष्पीकरण की गति—५२२, वाष्पीकरण में वायुमण्डल का कार्य—५२४, वाष्पीकरण ताप ग्रहण करता है—५२४, वायु में जलवाष्प की मात्रा—५२५, जलवाष्प का वितरण—५२५, वायुमण्डलीय आर्द्रता एवं वायुमण्डलीय गतियाँ—५२६; सतृप्ति—५२६; आर्द्रता और ओस-अक—५२६, सघनन—५२८; सघनन एवं तापमान—५२८, ओस एवं तुषार—५२९, बादल और कुहरा—५३०, बादलों के स्वरूप—५३१, अवक्षेपण—५३३, वर्षा का निर्माण—५३५; सारांश—५३५]

१६

वायुमण्डलीय दाब या दबाव

[वायुदाबमापी—५३७, वायु असमान दाब रखती है—५३८]			
मानचित्रों तथा रेखाचित्रों पर दाब का प्रदर्शन	..	...	५४०
[समदाब तल—५४१, समदाब रेखाओं के मार्ग—५४३, समदाब रेखाएँ और समानान्तर रेखाएँ—५४३; समदाब रेखाओं का स्थल और जल से सम्बन्ध—५४४, समदाब रेखाएँ और तापमान—५४५; समदाब रेखाएँ एवं आर्द्रता—५४६; उच्चदाब की पेटियाँ—५४६, निम्न दबाव के स्थायी क्षेत्र—५५०; दाब की अस्थायी एवं स्थानीय विभिन्नताएँ—५५१]			

१७

वायुमण्डल का सामान्य संचार (परिसंचरण)

प्रचलित और सामयिक पवने	...	...	५५२
असमान सूर्यताप के सामान्य प्रभाव	...	...	५५२
उच्चदाब की बाहरी उष्णकटिबन्धीय पेटियों का प्रभाव		...	५५५

उच्च अक्षांशों में स्थित निम्न दाव के क्षेत्र	...	...	पृष्ठ ५५५
पवनों की दिशाएँ	...	...	५५७
स्थल और जल की पवनों की गतियाँ	...	...	५५८
सारांश	...	...	५६५
प्रवणता, वेग और पवन की दिशाएँ	...	...	५६५
सामान्य संचार और अवक्षेपण	...	...	५६८

[व्यापारिक पवनो के प्रदेशों में वर्षा—५६६; प्रचलित पछुवा पवनो के प्रदेशों में वर्षा—५७१, मानसून की वर्षा—५७२]

१८

मौसम के मानचित्र, तूफान

दाव (दवाव) के अनियतकालीन परिवर्तन	५७४
-----------------------------------	-----	-----	-----

[ममदाव रेखाएँ—५७४, पवन—५७६, मेघता, अवक्षेपण आदि—५७७, तापमान—५७८, चक्रवातो एवं प्रतिचक्रवातो की गतियाँ—५८४, चक्रवातो और प्रतिचक्रवातो की मौसमी दशाएँ—५८५, मध्यवर्ती अक्षांशों के चक्रवातो एवं प्रतिचक्रवातो की उत्पत्ति—५८७; उष्णकटिबन्धीय चक्रवात—५८८, मौसम की भविष्यवाणियाँ—६०५; भविष्यवाणियों की अमफलता अथवा असत्यता—६०७, तूफान, तुपार, बाढ़ आदि से सम्बन्धित भविष्यवाणियों द्वारा सम्पत्ति का बचाव—६०८, तडिज्जझा—६११, वायु के आवर्त—६१४, ववण्डर—६१५, जल-ववण्डर—६१८; फॉन, चिनुक आदि पवनें—६१८]

१९

जलवायु

[परिभाषा—६२२, एकरूपता और विभिन्नता—६२३]

जलवायु का वर्गीकरण	...	...	६२४
जलवायु के कटिबन्ध	...	...	६२५

[अक्षांश द्वारा कटिबन्धों का स्पष्टीकरण—६२५, पवनो द्वारा कटिबन्धों का स्पष्टीकरण—६२७, ममताप रेखाओं द्वारा कटिबन्धों का निर्धारण—६२७; महासागरीय जलवायु—६२८, महाद्वीपीय जलवायु—६३०, मरुस्थली जलवायु—६३१; पर्वतीय एवं पठारी जलवायु—६३१, वनों का जलवायु पर प्रभाव—६३१]

उष्णकटिबन्धीय जलवायु की सामान्य विशेषताएँ	६३२
---	-----	-----	-----

[वर्षा की ऋतुएँ—६३४]

उष्णकटिबन्ध के भीतर जलवायु के प्रकार	...	पृष्ठ ६३४
भूमध्यरेखीय जलवायु (0° अक्षांश से 10° या 15° उत्तर एवं दक्षिण तक)	...	६३४
[तापमान—६३४; वर्षा—६३५, आर्द्रता एवं मेघता—६३५, जीवन पर प्रभाव—६३५]		
व्यापारिक पवन जलवायु (अक्षांश 10° या 15° से 25° या 30° तक)	...	६३६
[पवने एवं तापमान—६३६; वर्षा—६३६, चक्रवात—६३७, व्यापारिक पवने और व्यापार—६३७, व्यापारिक पवन की जलवायु में जीवन—६३७]		
मानसून जलवायु	...	६३८
[वर्षा—६३८, जीवन की प्रतिक्रियाएँ—६३९]		
ऊँची उच्चताओं की जलवायु	...	६३९
[तापमान पर प्रभाव—६३९]		
मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्धों की जलवायु	...	६३९
[समशीतोष्ण कटिबन्धों का विस्तार—६३९]		
सामान्य विशेषताएँ	...	६४०
[विभेदशीलता—६४०, सूर्य का प्रभाव—६४१, पवन—६४१, तापमान के अन्तर—६४१, उत्तरी मध्यवर्ती कटिबन्ध—६४२, दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबन्ध—६४२]		
जलवायु के प्रकार	...	६४३
निम्न अक्षांशों (40° से नीचे) पवनाभिमुख तट	...	६४३
[लक्षण और वितरण—६४३, दक्षिणी कैलीफोर्निया—६४३, तापमान—६४४, वर्षा—६४४, वनस्पति जीवन—६४६]		
40° से अपर के अक्षांशों के पवनाभिमुख तट; समुद्री जलवायु	...	६४६
[स्थिति—६४६, तापमान—६४६, वर्षा एवं आर्द्रता—६४७]		
महाद्वीपीय जलवायु	...	६४७
[प्रभावित प्रदेश—६४७, तापमान—६४८, चक्रवातीय प्रभाव—६४८, वर्षा—६४९, शुष्क एवं आर्द्र भीतरी भाग—६४९]		
संयुक्त राज्य में महाद्वीपीय जलवायु	...	६५०
[शुष्क प्रदेश—६५०, अर्द्ध-शुष्क प्रदेश—६५०, आर्द्र प्रदेश—६५०]		
पर्वतीय जलवायु	...	६५२
[तापमान—६५२, अवक्षेपण—६५२]		
ध्रुवीय क्षेत्रों की जलवायु	...	६५३
सामान्य विचार	...	६५३
[ध्रुवीय प्रदेशों का विस्तार—६५३, ध्रुवीय जलवायु की सामान्य		

विशेषताएँ—६५४, तापमान—६५४; आर्द्रता एवं अवक्षेपण—६५४]

जलवायु के परिवर्तन	...	...	...	६५५
[ऐतिहासिक काल के भीतर—६५५, भूवैज्ञानिक काल में—६५७]				

भाग ४

महासागर

२०

सामान्य तथ्य

[समुद्र-तल—६६२; समुद्र के प्राकृतिक भूगोल के अन्तर्गत कौन-कौनसी बातें होती हैं—६६३; महासागरो के जल का वितरण—६६५; गहराई—६६५; परिमाण—६६६; भाग—६६७; नितल की स्थला-कृति—६६७]

समुद्री जल की संरचना	६७०
----------------------	-----	-----	-----	-----

[समुद्र में खनिज पदार्थों का निकाला जाना—६७२, महासागर की आयु—६७२, समुद्र के जल में गैसें—६७२, सागर के जल की लवणता, घनत्व और गति—६७३]

कतिपय अवस्थाओं में जल का घनत्व	६७४
--------------------------------	-----	-----	-----	-----

[लवणता और रंग—६७४]

सागर का तापमान	६७५
----------------	-----	-----	-----	-----

[तल पर—६७५, तापमान एवं संचलन—६७६; तल के नीचे का तापमान—६७६, समुद्र की हिम—६७६]

२१

सागर के जल का संचलन

गतियों के कारण	६८०
----------------	-----	-----	-----	-----

[स्तर की असमता से उत्पन्न संचलन—६८०, पवन के कारण उत्पन्न संचलन—६८१, सूर्य एवं चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण से उत्पन्न संचलन—६८१; अवसर विशेष के कारणों द्वारा संचलन—६८२]

संचलन के प्रकार	६८२
-----------------	----	-----	----	-----

धाराएँ	६८३
--------	-----	-----	-----	-----

[सागर की धाराओं का कारण—६८५; सागरीय धाराओं का वायु पर प्रभाव—६८६, सागरीय धाराओं के श्रेणाकरण सम्बन्धी—६८८, ऐतिहासिक सम्भावनाएँ—६८८, वहन एवं सर्पण—

ज्वार-भाटा	पृष्ठ ६८८
------------	-----	-----	-----	-----	--------------

[ज्वार-भाटा के कारण एव उनका नियत समय पर आना—६६०; यदि सागर सार्वभौमिक होते तो ज्वार-भाटों का स्वरूप—६६४, सूर्य सम्बन्धी ज्वार-भाटा—६६६; उच्च ज्वारों की ऊँचाई में अन्य विभिन्नताएँ—६६८, एक ही स्थान में उच्च ज्वार प्रायः बराबर नहीं होते हैं—६६९, समज्वार रेखाएँ—७०१; संचलन की गति—७०१, सागर के तटों पर ज्वार-भाटों के प्रभाव—७०१]

२२

जीवन—तलछट—सम्बन्ध

समुद्र के नितल पदार्थ	...	...	...	७०७
[निकालने की क्रिया—७०७]				
समुद्र के शेष पृथ्वी के साथ सम्बन्ध	..	...	...	७१०

PLATES

PLATE	FACING PAGE
I. A narrow coastal plain in Oregon	following p 16
II. A well-drained plain in Kansas	preceding p. 17
III. An ill-drained plain in Wisconsin	following p 34
IV. Fig. 1. The Canyon of the Yellowstone River.	
Fig. 2. The Grand Canyon of the Colorado River	preceding p. 35
V. Fig. 1. Dunes on coast of New Jersey	
Fig 2. Dunes along Arkansas River in Kansas	
Fig 3. Dunes in plains of Nebraska	following p 60
VI Limestone sink, due to solution by ground-water near Pikeville, Tenn	preceding p. 61
VII. Streams disappearing in the sand, gravel, etc., at the base of mountains in an arid region	following p. 118
VIII. A stream widening its valley by lateral planation	preceding p. 119
IX. Fig. 1. A meandering stream The Missouri River	
Fig. 2. A further stage in the development of a meander. The Schell River, Missouri.	
Fig. 3. A plain in old age	following p. 136
X. A well-developed river flat. Valley of the Mississippi, near Prairie du Chien, Wis.	following p. 136
XI Stream flats The Missouri and Big Sioux Rivers	following p 136
XII Fig. 1. Youthful Valleys. Shore of Lake Michigan just north of Chicago.	
Fig. 2. A region in a mature state of erosion	following p 136
XIII. The Niagara Gorge	following p 136
XIV. Entrenched Meanders	preceding p 137
XV. A piedmont alluvial plain or compound alluvial fan in Southern California	following p. 168
XVI The alluvial plain of the Platte Rivers in Nebraska	preceding p. 169
XVII. Glaciers on Glacier Peak, Washington	following p. 204
A portion of the Bighorn Mountains, showing glaciated valleys	preceding p 205
Characteristic drift topography	following p. 238

- XX. Fig. 1. Coastal lakes formed by the blocking of the
ends of drowned valleys.
Fig. 2. A group of lakes on the coastal plain of
Florida following p. 270
- XXI. The upper end of Seneca Lake, New York preceding p. 271
- XXII. Fig. 1. A coast line developed chiefly by wave erosion.
Fig. 2. An island tied to the mainland by a 'beach'
following p. 304
- XXIII. A section of the California coast, showing lands, near
the coast, which have recently emerged following p. 372
- XXIV. Cushetunk and Round Mountains, New Jersey
preceding p. 373
- XXV. Dunning Mountain, Pennsylvania . . . following p. 406
- XXVI. An area southwest of Denver showing a mountain
ridge dissected by erosion . . . preceding p. 407

विषय-प्रवेश

प्राकृतिक भूवृत्त-विज्ञान की परिभाषा अनेक प्रकार से की गयी है। यद्यपि इस बात पर आज भी पर्याप्त मतभेद है कि इस विज्ञान की ठीक-ठीक सीमाएँ कहाँ तक निश्चित की जाएँ, फिर भी, कम से कम, इस विषय के विद्वानों के परिवार में, एक प्रबल विचारधारा के अनुसार प्राकृतिक भूवृत्त को प्राकृतिक भूगोल (Physical Geography) का पर्यायवाची माना जाता है। कुछ विद्वानों द्वारा तो प्राकृतिक भूवृत्त की सीमाएँ अत्यन्त सकुचित कर दी गयी हैं और इसे केवल स्थल का प्राकृतिक भूगोल माना गया है। इंग्लैण्ड में प्राकृतिक भूवृत्त को प्रायः विज्ञान की एक सामान्य भूमिका माना गया है और इसमें सभी भौतिक (physical) तथा जीव-विज्ञान सम्बन्धी (biological) विज्ञानों के तत्त्वों का समावेश कर लिया गया है।

यदि प्राकृतिक भूवृत्त को प्राकृतिक भूगोल का पर्यायवाची मान लिया जाए, तो इसके क्षेत्र में (१) पृथ्वी का ठोस आवरण अर्थात् स्थलमण्डल (Lithosphere), (२) पृथ्वी का जलभाग अर्थात् जलमण्डल (Hydrosphere), और (३) हवा अर्थात् वायुमण्डल (Atmosphere) सम्मिलित किये जाने चाहिए। किन्तु प्राकृतिक भूवृत्त में इन विभिन्न मण्डलों का पूर्ण रूप में अध्ययन नहीं किया जाता है। वायुमण्डल का विज्ञान ऋतु-विज्ञान (Meteorology) कहलाता है; महासागर का विज्ञान, जिसमें जलमण्डल की अधिकांश जलराशि शामिल है, सागर-विज्ञान (Oceanography) के अन्तर्गत आता है, और सामान्य रूप में जल-विज्ञान को जल-वर्णना (Hydrography) कहा जाता है। स्थलमण्डल के पूर्ण अध्ययन में अनेक विज्ञान शामिल हैं, जिन सबको हम विस्तृत भू-भौतिकी (Geology) का अंग माना जा सकता है, जिसे कुछ सीमा तक स्थलमण्डल के ही समान, वायुमण्डल और जलमण्डल का भी अध्ययन करना पड़ता है।

प्राकृतिक भूवृत्त के विषय में कहा जा सकता है कि वह वायुमण्डल का अध्ययन केवल वही तक करता है जहाँ तक कि वायुमण्डल स्थल, जल और जीवन को प्रभावित करता है। जल के अध्ययन को भी वह मुख्यतः स्थल और जीवन के सम्बन्धों में ही करता है। जहाँ तक स्थलमण्डल का सम्बन्ध है, प्राकृतिक भूवृत्त केवल उसके तल का ही अध्ययन करता है और यह अध्ययन भूतल के सामान्य विवरण से अधिक होता है। इस अध्ययन में उन अवस्थाओं और प्रक्रियाओं (processes) का भी विचार किया जाता है जिन्होंने भूतल को इस वर्तमान दशा में लाया है। ये प्रक्रियाएँ प्रधानतः जल और वायु तत्त्वों के द्वारा प्रभावित की क्रियाओं के फलस्वरूप हैं। किन्तु दूसरे तत्त्व भी, जैसे ज्वालामुखीय तथा वे शक्तियाँ जो स्थलमण्डल के बाह्य भाग को क्रमशः विकुचित

(warping) करती रहती है, इसमें सम्मिलित है। दूसरे शब्दों में, यह कहा जा सकता है कि प्राकृतिक भूवृत्त का सम्बन्ध मुख्यतः स्थलमण्डल के तल तथा तल के साथ वायु एवं जल के सम्बन्धों से होता है। इसका क्षेत्र वायु, जल और स्थल का स्पर्श-क्षेत्र (zone of contact) है।

प्राकृतिक भूवृत्त, भू-भौतिकी (भूतत्त्व—Geology) से सर्वथा भिन्न नहीं है। भू-भौतिकी पृथ्वी के इतिहास का अध्ययन करती है जबकि प्राकृतिक भूवृत्त उस इतिहास के एक अन्तिम अध्याय—अर्थात् वर्तमान धरातल के इतिहास—का ही अध्ययन करता है। अतीत के प्रत्येक युग का अपना प्राकृतिक भूवृत्त रहा है, और यदि उन क्रमिक प्राकृतिक भूवृत्तों का पूर्ण इतिहास ज्ञात हो सके तो यही इतिहास अधिकांश में पृथ्वी का इतिहास होगा।

प्राकृतिक भूवृत्त का भूगोल से भी घनिष्ठ सम्बन्ध है, किन्तु यह विज्ञान भूगोल से इस बात में भिन्न है कि यह प्रधानतः स्थलमण्डल, वायुमण्डल और जलमण्डल के सम्बन्धों एवं उन सम्बन्धों के प्राकृतिक परिणामों का अध्ययन करता है, जबकि इसके विपरीत, भूगोल, प्राकृतिक भूगोल से भिन्न, प्रधानतः पृथ्वी पर निवास करने वाले प्राणियों के जीवन एवं उनके समुदायों का ही (मानवीय उद्योगों सहित) जिन पर प्राकृतिक दशाओं, यथा—तल-रूप (Topography), जलवायु, प्राकृतिक ससाधनों, आदि, के पड़ने वाले प्रभावों सहित अध्ययन करता है। प्राकृतिक भूवृत्त (Physiography) को भूगोल का एक अंग विशेष अर्थात् प्राकृतिक भूगोल (Physical Geography) कहा जा सकता है और साथ ही साथ इसे भू-भौतिकी (Geology) का एक विशेष अध्याय अर्थात् अन्तिम अध्याय कहा जा सकता है, क्योंकि प्राकृतिक भूगोल जीवन के वितरण और उसकी समस्त क्रियाओं को प्रभावित करता है, अतः उसके अध्ययन में यह सर्वथा युक्तिसंगत होगा कि उसके जीव-विज्ञान सम्बन्धी (biological) और ऐतिहासिक (historical) प्रभावों पर भी ध्यान दिया जाए।

यद्यपि स्थलमण्डल, जलमण्डल और वायुमण्डल एक-दूसरे से सर्वथा भिन्न प्रतीत होते हैं, किन्तु फिर भी वास्तविक रूप में वे उतने भिन्न नहीं हैं जितने कि वे प्रतीत होते हैं, क्योंकि, यद्यपि जलमण्डल का बड़ा भाग सागरो, झीलों और नदियों के रूप में व्याप्त है, किन्तु उसका एक उल्लेखनीय भाग मिट्टी और चट्टानों में भी प्रविष्ट रहता है तथा जल का कुछ छोटा भाग सदैव वाष्प रूप में वायुमण्डल में भी विद्यमान रहता है। अतः जल, नीचे स्थलमण्डल और ऊपर वायुमण्डल, दोनों ही की सीमाओं का अतिक्रमण करता है। इसी प्रकार वायुमण्डल का एक भाग स्थल की मिट्टी और चट्टानों के भीतर प्रविष्ट हो जाता है और एक भाग सागरो, झीलों तथा नदियों के जल में भी मिला रहता है। और, स्थलमण्डल का ठोस पदार्थ नदियों, झीलों आदि में जल के साथ मिला रहता है तथा उन्हें प्रायः बहाव में रखता है। धूल-कण-तो सदा ही वायुमण्डल में व्याप्त रहते हैं। इस प्रकार दूसरे की सीमाओं का अतिक्रमण करते हुए भी तीनों मण्डल इतने स्पष्ट हैं कि बीच की सीमाएँ नियमित अत्यन्त स्पष्ट ही हैं।

भाग १

स्थलमण्डल

THE LITHOSPHERE

उद्भूत आकृतियाँ

(RELIEF FEATURES)

भूपटल का प्रायः तीन-चौथाई भाग (लगभग ७२ प्रतिशत) महासागरों से ढका हुआ है और केवल एक-चौथाई से कुछ अधिक भाग समुद्र-तल से ऊँचा उठकर स्थल भाग (land) बनाता है। महासागरों में जल की मात्रा इतनी अधिक है कि यदि भूपटल को एक सामान्य तल पर कर दिया जाए, अर्थात् जल से बाहर उठे हुए भागों को बराबर कर दिया जाए, और उस पदार्थ को जल की गहराइयों में डाल दिया जाए तो कोई भी स्थल भाग जेप न बचेगा, और भूपटल पर एक सर्वव्यापी सागर होगा, जिसकी गहराई लगभग $3\frac{1}{2}$ किलोमीटर (२ मील) होगी। अतएव भूपटल पर स्थलखण्डों की उपस्थिति इसी कारण से सम्भव है कि पृथ्वी के ठोस भाग का धरातल समतल नहीं है और जल निचले भागों में एकत्र हो गया है।

यदि हम सागरों को दृष्टि में न रखकर पृथ्वी के ठोस धरातल को देख सकें तो हमें उसके वास्तविक स्वरूप को समझने में सहायता मिलेगी। किन्तु यहाँ एक विशेष बात यह है कि सागरों को दृष्टि में ओझल नहीं किया जा सकता है। अतः धरातल का कुछ आभास पृथ्वी की एक ऐसी उद्भूत प्रतिकृति (relief model) से प्राप्त हो सकती है जिसमें जल भाग न दिखाया गया हो (चित्र १ और २); अथवा, यदि ऐसी प्रतिकृति प्राप्त न हो तो सागरों के उद्भूत मानचित्र और चार्ट काम दे सकते हैं।

प्रथम क्रम की उद्भूत आकृतियाँ

(Relief Features of the First Order)

स्थलमण्डल के धरातल की सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण विशेषता वह व्यतिरेक (contrast—असमानता) है जो इसके विशाल गड्ढों और विस्तृत ऊँचाइयों के मध्य पाया जाता है। इन विशाल गड्ढों को हम सागर-द्रोण (ocean basins) और विस्तृत ऊँचाइयों को स्थल-मंच (continental platforms) कहते हैं। स्थल-मंच और सागर-द्रोण प्रथम क्रम की स्थल-रूपरेखीय आकृतियाँ (topographic features of the first order—तल के रूप को प्रकट करने वाली प्रथम क्रम की आकृतियाँ) हैं। उनके मध्य की यह असमानता इस कारण और भी अधिक हो जाती है कि प्रायः सभी स्थानों पर एक-दूसरे के बीच प्रपाती ढाल (steep slopes) हैं। अर्थात् स्थल-

मच से सागर-द्रोण की ओर देखने पर अवरोही (नीचे की ओर जाने वाला) उतार (descent) और सागर-द्रोण से स्थल-मच की ओर देखने पर आरोही (ऊपर की ओर चढ़ने वाला) चढ़ाव (ascent) पाया जाता है (चित्र १, २ और ३)।



Fig. 1

Photograph of the Jones Relief Globe, showing the North Atlantic Basin depressed notably below the continents about it. The vertical scale of the globe is exaggerated.



Fig. 2

Photograph of the Jones Relief Globe, showing the basin of the Indian Ocean, with its distinctly marked borders on all sides but the South.

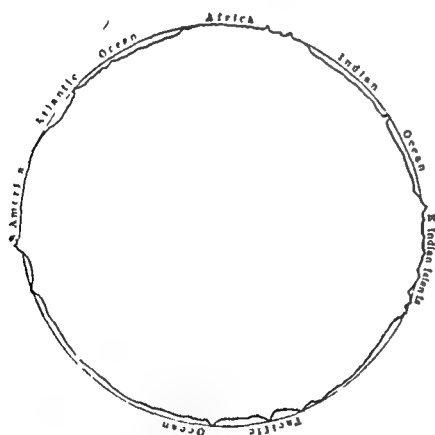


Fig. 3

A diagrammatic section of the earth about the equator, showing the elevated segments (continents) and the depressed segments (ocean basins). Vertical scale $\times 40$. (Based on section in *Stanford's Atlas of Universal Geography*)

सागर-द्रोण तथा स्थल-मच भूपटल के तल को परस्पर विभाजित किये हुए हैं। द्रोण (basin) तथा मच (platform) दोनों ही आकृति तथा वितरण में अनियमित (irregular) हैं। ऊपर उठे हुए भूभाग का अधिकांश भाग उत्तरी गोलार्द्ध में है, जबकि अत्यधिक नीचे धँसे हुए क्षेत्र (depressed areas) दक्षिणी गोलार्द्ध में हैं।

महाद्वीपों की अपेक्षा स्थल-मच कुछ अधिक बड़े हैं (चित्र ३) और सागरों की अपेक्षा सागर-द्रोण कुछ छोटे हैं। सागर क्षेत्रफल (३७,००,००,००० वर्ग किलोमीटर से अधिक) स्थल क्षेत्रफल (लगभग १४,००,००,००० वर्ग किलोमीटर) का प्रायः तिगुना है, किन्तु वास्तविक

सागर-द्रोण का क्षेत्रफल (प्रायः ३४,४४,७०,००० वर्ग किलोमीटर) स्थल-मंचों के क्षेत्रफल (प्रायः १६,६०,००,००० वर्ग किलोमीटर) का केवल दुगुना ही है। इन दोनों के क्षेत्रफल की भिन्नता का कारण यह है कि जितना जल वास्तविक सागर-द्रोण धारण कर सकते हैं उससे कहीं अधिक जल पृथ्वी पर है। यह अधिक जल द्रोणों के किनारों पर चढ़ जाता है और स्थल-मंचों के निचले किनारों पर, जिन्हें महाद्वीपीय मग्न-तट (continental shelf) कहते हैं, फैल जाता है (चित्र ४)। इस प्रकार से स्थल-मंचों के तटों पर प्रायः २,५६,००,००० वर्ग किलोमीटर का क्षेत्रफल उथले जल में डूबा हुआ है। परिणामस्वरूप, महाद्वीपों का क्षेत्रफल स्थल-मंच के क्षेत्रफल से उतनी ही मात्रा में कम हो गया है जितनी कि मात्रा में दूसरी ओर महासागरों का क्षेत्रफल महासागरीय द्रोणों के क्षेत्रफल से बढ़ा है। जो जल स्थल-मंचों के निचले तटों पर फैला हुआ है उसे महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) कहते हैं।

यदि समस्त स्थलखण्डों को, बिना उनके क्षेत्रफल और उनमें स्थित पदार्थों की मात्रा को बढ़ाये अथवा घटाये, एक सामान्य स्तर (level) पर कर दिया जाए तो उनकी ऊँचाई सागर-तल से लगभग ७०० मीटर (२,३०० फुट) ऊपर होगी; और यदि सागर की तली (bottom—नितल) को एक सामान्य स्तर पर कर दिया जाए और उसका क्षेत्रफल वर्तमान क्षेत्रफल के तुल्य ही रहे, तो सभी स्थानों पर जल की गहराई ३,६०० मीटर और ४,००० मीटर के मध्य होगी। इस प्रकार स्थल की सामान्य औसत ऊँचाई (average height) सागर-तल से ऊपर लगभग ८०० मीटर से कुछ ही कम है, जबकि सागर-नितल (ocean bottom) की सामान्य गहराई सागर-तल (sea-level) से नीचे ४,००० मीटर से कम नहीं है। इस प्रकार से स्थल-मंचों (continental platforms) और सागर-द्रोणों (ocean basins) की सामान्य ऊँचाई का अन्तर लगभग ४,८०० मीटर है। दूसरे शब्दों में, इसी को यों कहा जा सकता है कि पृथ्वी

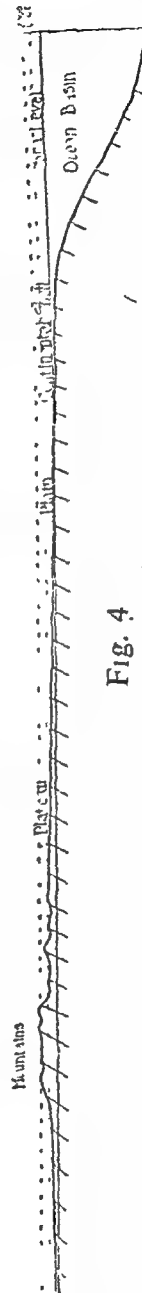


Fig. 4

Diagram to show the distinction between an elevated continental segment and an ocean basin. The steep slope (much exaggerated) at the left of the ocean basin is the line of contact between the two, and is the real border of the continental segment. The diagram also shows the general relation between low mountains, such as the Appalachians, a low plateau, and a coastal plain. The continental shelf is seen to be a continuation of the coastal plain.

के ठोस भाग का लगभग दो-तिहाई भाग शेष एक-तिहाई भाग से लगभग ४,८०० मीटर नीचा है। यह ४,८०० मीटर की नाप पृथ्वी की त्रिज्या (radius) के $\frac{1}{1300}$ वे भाग से कुछ ही कम है।

स्थल-मचो और सागर-द्रोणो दोनों ही के तल (surfaces) विषम (uneven-ऊबड़-खावड़) है जिसके परिणामस्वरूप अधिकतम विषमता स्थलमण्डल के तल मे ४,८०० मीटर से भी अधिक है। तल का निम्नतम बिन्दु, फीजी द्वीपसमूह के निकट, सागर-तल से लगभग १,६०० मीटर नीचा है, जबकि उसका उच्चतम बिन्दु (हिमालय पर्वत की एवरेस्ट चोटी) प्रायः उतना ही (लगभग १,०५० मीटर) सागर-तल से ऊँचा है। अतः स्थलमण्डल की अधिकतम विषमता १६३ किलोमीटर है। यह माप पृथ्वी की त्रिज्या का $\frac{1}{3300}$ वाँ भाग है। सागर-द्रोणो के उन भागो का क्षेत्रफल, जो १०५ किलोमीटर की गहराई तक पहुँचते हैं, विस्तार मे अति सीमित है, और जो स्थल १०५ किलोमीटर की ऊँचाई तक पहुँचते हैं, उनका क्षेत्रफल बिन्दुओ (points) से अधिक नहीं है।

स्थलमण्डल के उच्चावचन (relief—उभार) का कुछ आभास निम्नांकित सारणी (table) से मिलता है

**पृथ्वी के सम्पूर्ण क्षेत्रफल
का लगभग प्रतिशत**

सागर-तल से १,८०० मीटर से अधिक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	२.३
सागर-तल से १,८०० मीटर से १८० मीटर तक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	१८.६
सागर-तल से १८० मीटर तक ऊँचे स्थल का क्षेत्रफल	...	६.६
१८० मीटर से कम गहरे सागर का क्षेत्रफल	...	७.०
१८० मीटर से १,८०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	७.०
१,८०० मीटर से ३,६०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	१४.८
३,६०० मीटर से ५,४०० मीटर तक की गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	३६.४
५,४०० मीटर से अधिक गहराई के सागर का क्षेत्रफल	...	३.१

इस सारणी से स्पष्ट है कि स्थलमण्डल का आधे से अधिक भाग सागर-तल से १६ किलोमीटर से अधिक नीचे है।

निम्नांकित सारणी सागर-तल से विभिन्न ऊँचाइयो पर स्थित स्थल के अनुपात को प्रकट करती है

		स्थल का प्रतिशत	
१८० मीटर से कम ऊँचा	...	लगभग	२१.६०
१८० मीटर से ४५० मीटर तक ऊँचा	...	लगभग	२१.६३
४५० मीटर से ६०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	२१.३४
६०० मीटर से १,८०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	१६.५१
१,८०० मीटर से ३,६०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	१२.३४
३,६०० मीटर से ५,४०० मीटर के बीच ऊँचा	...	लगभग	२.६५
५,४०० मीटर से ऊपर	...	लगभग	३.३

इस सारणी से स्पष्ट है कि प्रायः दो-तिहाई स्थल भाग सागर-तल से ६०० मीटर (३,००० फुट) से कम ऊँचा है। प्रायः $\frac{5}{6}$ स्थल भाग ५०० मीटर (१,६४० फुट) से कम ऊँचा है और पृथ्वी की अधिकांश जनसंख्या इसी भाग पर रहती है। सारणी में दिखाये गये तथ्यों का निरूपण निम्न चित्र में किया गया है।

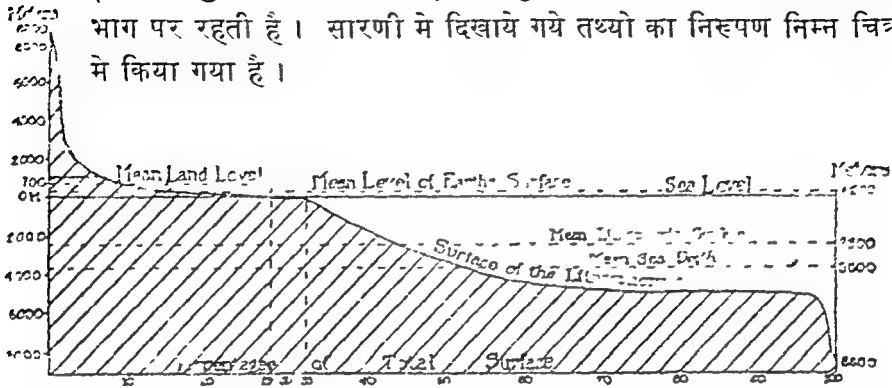


Fig. 5

Diagram showing the relative areas of the lithosphere at various levels above and below sea-level. Less than 10 per cent of the lithosphere is as much as 700 metres above the sea, and only 28 per cent is above the sea. About half the total surface of the lithosphere is more than 3,500 metres below sea-level. The diagram also shows that the mean surface of the lithosphere is about 2,300 metres below sea-level, the mean ocean depth about 3,500 metres, and the mean elevation of the land above the sea-level about 700 metres. (After Wagner)

स्थल-मंच (The continental platforms)—साधारणतया मान्यता-प्राप्त महाद्वीपीय भूखण्ड निम्नलिखित हैं।

(१) यूरेशिया, (२) अफ्रीका, (३) उत्तरी अमरीका, (४) दक्षिणी अमरीका, और (५) आस्ट्रेलिया, जिसमें उत्तर की ओर स्थित न्यूगिनी भी सम्मिलित है। ये उभरे हुए खण्ड महाद्वीपों के रूप में मान्य हैं। इनके अतिरिक्त अन्य इनसे छोटे किन्तु फिर भी विशाल खण्ड भूपटल पर स्थित हैं जिन्हें साधारणतया महाद्वीपीय खण्ड नहीं माना जाता है। इनमें सबसे बड़ा है (६) अण्टार्क्टिका, जिसे सम्भवतः एक महाद्वीप माना जाना चाहिए, और (७) ग्रीनलैंड, जिसे सभी एक द्वीप मानते हैं। सामान्यतः द्वीप प्रथम कोटि की उद्भूत आकृतियों (relief features) में नहीं गिने जाने चाहिए। इनका वर्णन अन्यत्र किया जाएगा।

स्थल-मंचों और सागर-द्रोणों की अविच्छिन्नता और विच्छिन्नता (Continuity and discontinuity of continental platforms and oceanic basins)—संसार के उपरोक्त बड़े-बड़े भूखण्ड अधिकांश में एक-दूसरे से अलग-अलग (विच्छिन्न) ही हैं, जबकि सागर एक-दूसरे से जुड़े हुए (अविच्छिन्न) हैं तथा इनके विभिन्न भागों के नाम अलग-अलग हैं, जैसे अटलाण्टिक, प्रशान्त आदि। महाद्वीपीय स्थलों (continental lands) की अपेक्षा स्थल-मंच प्रायः अधिक सटे हुए

(अविच्छिन्न) है, जबकि सागर-द्रोण, सागरो की अपेक्षा कम अविच्छिन्न है। इस प्रकार अमरीका महाद्वीप का उत्तर-पश्चिमी प्रोद्वर्ध (protuberance—आगे को उभरा हुआ भाग) एशिया के प्रोद्वर्ध (आगे को निकले हुए भाग) से मिला हुआ है और उत्तर-पूर्व में यूरोप के प्रोद्वर्ध से थोड़ा-सा ही अलग (विच्छिन्न) है। यूरेशिया का उत्थापित मंच (elevated Eurasian platform—यूरेशिया का ऊँचा उठा हुआ मंच) आस्ट्रेलिया और अफ्रीका के प्रोद्वर्धों से मिला हुआ है। महाद्वीपीय प्रोद्वर्धों में तो केवल अण्टार्क्टिका ही वास्तव में औरो से अलग ज्ञात होता है तथा सागर-द्रोणों में आर्कटिक-द्रोण ही विशेषतः अलग है। ध्रुवीय प्रदेशों विषयक वर्तमान ज्ञान द्वारा सामान्यीकरण (generalization) के आधार पर यह विशेष उल्लेखनीय है कि अधिकतम भिन्न द्रोण (isolated basins) उत्तरी ध्रुव के समीप और अधिकतम भिन्न प्रोद्वर्ध दक्षिणी ध्रुव के समीप स्थित है। कुछ छोटे किन्तु गहरे सागर-द्रोण, जैसे रूम-सागर और मैक्सिको की खाड़ी, कुछ-कुछ उसी प्रकार की भिन्नता रखते हैं जैसे कि ग्रीनलैण्ड और न्यूजीलैण्ड के समान कुछ बड़े द्वीपों में है।

महाद्वीपों का वर्गीकरण (Grouping of the continents)—दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध में दुगुनी से अधिक भूमि है। यदि पृथ्वी का विभाजन दो ऐसे गोलार्द्धों में किया जाए कि उनके ध्रुव क्रमशः इगलैण्ड और न्यूजीलैण्ड में हों (चित्र ६), तो प्रथम गोलार्द्ध में समस्त भूमि का $\frac{2}{3}$ भाग होगा, और इसे हम स्थल-गोलार्द्ध (land hemisphere) कह सकेंगे, और, दूसरे में भूमि का केवल $\frac{1}{3}$ भाग होगा, और इसे हम जल-गोलार्द्ध (water hemisphere) कह सकेंगे। किन्तु स्थल-गोलार्द्ध में तल का $\frac{1}{2}$ से अधिक भाग ही जल से ढका रहेगा, जबकि जल-गोलार्द्ध में प्रायः $\frac{3}{4}$ भाग जल से ढका होगा (चित्र ६)। उत्तरी गोलार्द्ध ने सदैव मानव-

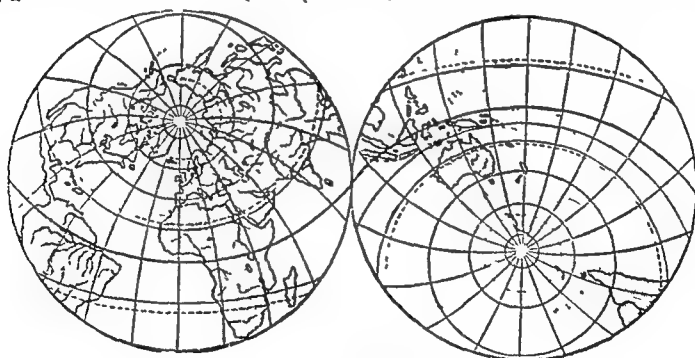


Fig. 6

Land and Water hemispheres. Stereographic projection.

जाति के अधिकांश भाग को आश्रय दिया है क्योंकि इसमें भूमि का $\frac{2}{3}$ भाग स्थित है और इसमें आर्थिक दृष्टि से फलप्रद भूमि का अनुपात भी अधिक ऊँचा है।

संयुक्त रूप से देखने पर समस्त महाद्वीप मिलकर स्थलमण्डल का एक विशाल घोड़े की नाल के आकार का प्रोद्वर्ध (horse-shoe shaped protuberance—

उठाव-आकार) बनाते हैं, जो एटलाण्टिक के चारो ओर हॉर्न अन्तरीप (Cape Horn) से उत्तरी एव दक्षिणी अमरीका तथा यूरोप से होता हुआ अफ्रीका के उत्तमाणा अन्तरीप (Cape of Good-hope) तक फैला हुआ है, जिसका एक पर्वत-प्रक्षेप (spur) दक्षिण-पूर्व में पूर्वी द्वीपसमूह और आस्ट्रेलिया तक फैला हुआ है।

यदि यूरोप और एशिया को दो भिन्न महाद्वीप माना जाए तो अण्टार्कटिका के अतिरिक्त महाद्वीपों का वर्गीकरण युग्मों (pairs—जोड़ों) में किया जा सकता है। इस दृष्टि से दोनों अमरीका पहला, यूरोप और अफ्रीका दूसरा, तथा एशिया और आस्ट्रेलिया तीसरा युग्म बनाते हैं। इस प्रकार विचार करने पर प्रत्येक युग्म की सर्वाधिक लम्बी रेखा साधारणतः उत्तर और दक्षिण दिशा में है। महाद्वीपों के विषय में प्रायः कहा गया है कि वे त्रिभुजाकार हैं और उनके सर्वाधिक चौड़े सिरे उत्तर में हैं और शीर्ष दक्षिण की ओर है। दक्षिणी अमरीका के विषय में यह तथ्य पूर्णरूपेण सत्य है जबकि उत्तरी अमरीका तथा अफ्रीका के विषय में अंशतः सत्य है, किन्तु यूरोप और एशिया, दोनों के विषय में अलग-अलग अथवा संयुक्त रूप में तथा आस्ट्रेलिया एवं अण्टार्कटिका के विषय में यह नितान्त असत्य है।

प्रथम क्रम की उद्भूत आकृति का उद्भव (Origin of relief features of the first order)—सागर-द्रोणो और स्थल-मंचो के उद्भव (जन्म) का निश्चित ज्ञान प्राप्त नहीं है। यह निश्चित नहीं है कि वे सदैव से ही अस्तित्व में रहे भी हैं या नहीं, और यह भी सम्भव नहीं है कि सागर-द्रोण सदैव से ही स्थल-मंचो से उतने ही नीचे रहे हो जितने कि वे अब हैं; यद्यपि प्रकट रूप में युगों से कोई परिवर्तन नहीं हुआ है। विद्वानों की सम्मति में, महाद्वीपीय खण्डों के उभार की अपेक्षा सागर-द्रोणों का नीचे बैठना प्रथम क्रम की स्थल-रूपरेखीय आकृति (topographical features) के विकास-क्रम की महत्त्वपूर्ण घटना है। इस दृष्टिकोण का प्रमुख कारण यह विश्वास है कि पृथ्वी सिकुड़ रही है अर्थात् पृथ्वी का बाह्य भाग इसके केन्द्र के समीप आता जा रहा है। इसके परिणामस्वरूप सामान्य रूप में तल भाग नीचे बैठेगा परन्तु फिर भी यह आवश्यक नहीं है कि प्रत्येक भाग नीचे बैठ ही जाए।

यदि सागर-द्रोणों का घँसाव (subsidence) ही स्थलमण्डल की विशाल उद्भूत आकृतियों (relief features) के विकास का प्रमुख कारण हो तो स्थल-मंचो के विषय में हम यह विचार कर सकते हैं कि नीचे बैठते हुए भागों के बीच (१) या तो स्फानाकार (wedged up) (चित्र ७) अथवा विकुचित (warped) हो गये हैं (चित्र ८), अथवा (२) डूबे हुए भागों (depressed parts) के डूबने से पूर्व की ही स्थिति में हैं (चित्र ९ और १०); अथवा (३) वे नीचे तो बैठे हैं किन्तु द्रोणों के अपेक्षाकृत कम नीचे बैठे हैं (चित्र ११)। ये सभी अवधारणाएँ (conceptions—विचार) स्थल-मंचो और सागर-द्रोणों की सापेक्ष (relative) स्थितियों में परिवर्तन सूचित करती हैं। इन सभी में सत्य की सम्भावना हो सकती है, और जहाँ तक ज्ञात

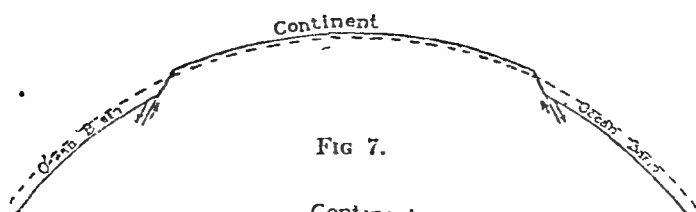


FIG 7.

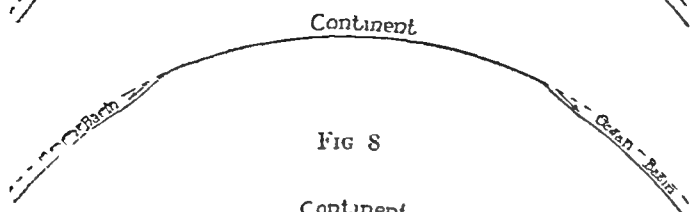


FIG 8

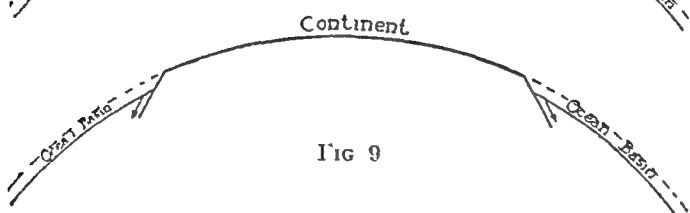


FIG 9

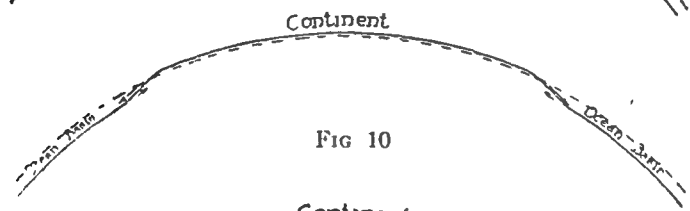


FIG 10

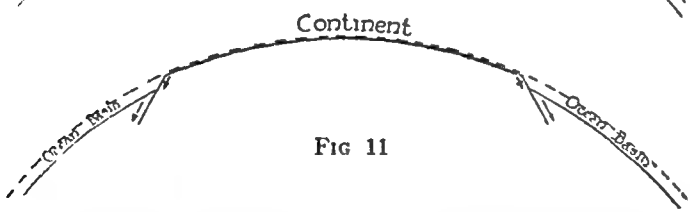


FIG 11

Fig. 7. Expresses diagrammatically the hypothesis that the continents were elevated and the ocean basins depressed by movement along definite sliding planes or *fault planes*. The dotted line may be taken to represent a somewhat uniform original surface, which may be looked upon as a hypothetical surface before continents and ocean basins were developed. The diagram represents the conception that the continents have risen above this surface, while the ocean basins have sunk below it.

Fig. 8. This diagram represents the same conception as Fig. 7, except that the movement was by warping instead of faulting.

Fig. 9. This diagram represents the same conception as Fig. 7, except that the continental segment is represented as not having risen.

Fig. 10. This diagram represents the same conception as Fig. 8, except that the continental segment has not risen.

Fig. 11. This diagram represents the same conception as Fig. 9, except that both ocean basin and continental segment are represented as having sunk below the original level, the former much more than the latter.

है, ये सभी वाते महाद्वीपों के विकास में हो सकती हैं, किन्तु आधुनिक जानकारी उनके पारस्परिक महत्व के विषय में किसी निश्चित कथन के लिए पर्याप्त नहीं है, और न इससे प्रथम क्रम की भूम्याकृतियों (relief features) के उद्भव की अन्य अवधारणाएँ ही समाप्त हो जाती हैं। उदाहरण के लिए, यह सम्भव ही नहीं बल्कि अधिक सम्भव है कि स्थलमण्डल का तल कभी भी एकसा नहीं था और न प्रथम क्रम की भू-आकृतियाँ (topographical features) पूर्णतः विरूपण (deformation) का ही परिणाम हैं।

सागर-द्रोणों और स्थल-मचों के उद्भव के विषय में एक अवधारणा इस विचार पर भी आधारित है कि पृथ्वी एक लघु पैतृक काय (ancestral body) से अपने वर्तमान परिमाण में अपने से बाहर के पदार्थ का संग्रह करके बड़ी है और यह वृद्धि सभी स्थानों पर समान नहीं थी। इस मत के अनुसार भूतल कभी भी एकसा नहीं रहा होगा। यह अवधारणा सत्य भी हो, तो भी यह सम्भव है कि पृथ्वी के बाह्य भाग की गतिविधियों ने पृथ्वी के दीर्घ इतिहास की अवधि में सागर-द्रोणों और स्थल-मचों के बीच के अन्तर को बढ़ा दिया है।

भूतत्व के इतिहास से विदित होता है कि सागर और स्थल के क्षेत्र समय-समय पर कुछ न कुछ बदलते रहे हैं किन्तु यह ज्ञात नहीं है कि सागर-द्रोणों और स्थल-मचों की सापेक्ष स्थितियाँ उल्लेखनीय रूप में बदली हैं। यदि सागर का नितल

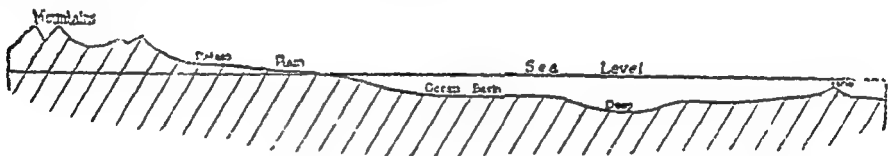


Fig. 12

Diagram to illustrate the relations of mountain, plateau, plain, ocean basin, ocean deep, etc.

नीचे बैठ जाए, तो सागर-द्रोणों में अधिक जल समा जाएगा, और महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) का कुछ भाग स्थल-मचों के डूबे हुए भागों से हट जाएगा अर्थात् महाद्वीपीय तटों (continental shelves) से जल हट जाएगा। यदि सागर-द्रोणों का तल लगभग १८० मीटर (६०० फीट) नीचे डूब जाए, तो महाद्वीपीय मग्न-तटों (continental shelves) से जल हट जाएगा और महाद्वीपीय स्थल (continental lands) महाद्वीपीय मचों (continental platforms) के अनुरूप हो जाएँगे। दूसरी ओर यदि महाद्वीपीय भाग नीचे बैठ जाए तो सागर का जल उनके तटों को और अधिक दूरी तक डूबा देगा और भूमि का क्षेत्रफल कम हो जाएगा। भूतत्व (geology) के अध्ययन से ज्ञात होता है कि अतीत में अनेक बार इस प्रकार के परिवर्तन हुए हैं जिनके कारण स्थल-मचों के निचले भाग क्रमपूर्वक जलमग्न रहकर भूमि के रूप में परिवर्तित हुए हैं।

द्वितीय क्रम की उद्भूत आकृतियाँ (Relief Features of the Second Order)

महाद्वीपो और सागर-द्रोणो के अधिक सुस्पष्ट भाग ही द्वितीय क्रम की उद्भूत आकृतियाँ हैं।

स्थल की बड़ी उद्भूत आकृतियाँ (Great relief features of the land)—स्थल-मच मैदानो, पठारो और पर्वतो से निर्मित हैं। मैदान महाद्वीपो के निचले भूभाग हैं और पठार तथा पर्वत उनके ऊँचे भाग हैं, लेकिन इनमें से किसी को भी केवल ऊँचाई के द्वारा निर्धारित नहीं किया जा सकता। महाद्वीपीय स्थल का अधिकांश भाग सरलता से इन तीन विभागों में से किसी एक में रखा जा सकता है, किन्तु अनेक छोटे द्वीप इनमें से किसी भी कोटि में नहीं आते हैं। इस सम्बन्ध में जो कठिनाइयाँ आती हैं उन पर विचार करना यहाँ आवश्यक नहीं है।

मैदान (Plains)

मैदान पृथ्वी के निचले स्थल हैं परन्तु समुद्र-तल से ऊँचाई के आधार पर उनका निर्धारण करना कठिन है। उनमें से कुछ समुद्र-तल से केवल कुछ ही मीटर ऊँचे हैं जबकि कुछ अन्य सैकड़ों मीटर ऊँचे हैं। दूसरी दशा में वे सामान्यतः समुद्र से दूर हैं और कम से कम एक ओर अन्य स्थलों की अपेक्षा स्पष्ट रूप से नीचे हैं। चित्र १३ में बड़े मैदानों के परस्पर सम्बन्धों की कुछ जानकारी देने का प्रयास किया गया है। इससे यह स्पष्ट हो जाएगा कि मैदान समुद्र-तल से निचले पठारों अथवा निचले पर्वतों की भाँति ऊँचे हो सकते हैं किन्तु वे अपने समीपवर्ती पठारों और पर्वतों के समान ऊँचे कभी भी नहीं हो सकते।

मैदानों में परस्पर व्यापक अन्तर है।

यह अन्तर केवल ऊँचाई में ही नहीं होता बल्कि स्थिति, आकार, धरातलीय रूप, उर्वरता, उद्भव तथा अन्य अनेक बातों में भी होता है। विभिन्न प्रकार के मैदानों के लिए विभिन्न नामों का प्रयोग किया जाता है। इन



Fig 13

Diagram showing section across North America. The area between the Sierra and the Uinta Mountains is a great plateau, though with minor mountain ranges. The 'Great Plains' are really a plateau, and are much higher than the Cumberland Plateau farther east. Parts of the Great Plains are higher than the Appalachian Mountains.

नामकरणों का उद्देश्य उनके किसी विशिष्ट स्वरूप अथवा गुण की ओर ध्यान को आकर्षित करता है। केवल विस्तृत मैदानों को ही द्वितीय क्रम की भूम्याकृतियों (topographical features) के अन्तर्गत माना जा सकता है, और ऐसे मैदानों के सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण दो ही वर्ग हैं—(१) तटीय मैदान (coastal plains), जो सागरो के किनारों पर हैं, और (२) आन्तरिक मैदान (interior plains), जो सागरो से दूर हैं अथवा उच्च स्थल के कारण समुद्रों से दूर हो गये हैं।

तटीय मैदान (Coastal plains)—इस प्रकार के मैदान लगभग सभी महाद्वीपों के किनारों पर पाये जाते हैं, जैसे न्यूयार्क से दक्षिण में संयुक्त राज्य (U.S.A.) के पूर्वी तट पर स्थित मैदान। उनमें से कुछ संकीर्ण और कुछ विस्तृत हैं। चित्र १४ में एक संकीर्ण मैदान दिखाया गया है। यह मैदान नीचा है और

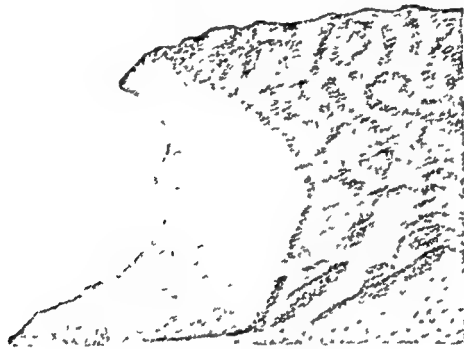


Fig. 14

A narrow coastal plain.

इसका तल प्रायः सम है किन्तु समुद्र की ओर तनिक ढालू है। इसमें जो नदियाँ बहती हैं उनकी उथली घाटियों का प्रभाव इसके तल पर पड़ा है। तटीय मैदानों के भीतरी किनारे सदा ही इतनी स्पष्टता से निर्धारित नहीं होते, जैसा कि इस चित्र में दिखाया गया है।

सम्भवतः अधिकांश तटीय मैदान निम्न दो में से किसी एक प्रकार से निर्मित हुए हैं—(१) किसी पूर्ववर्ती महाद्वीपीय मग्न-तट (continental shelf) के एक भाग में समुद्र के जल के हट जाने से, अथवा (२) स्थल से बहाकर लाये गये तल-छट (sediment) के किसी महाद्वीपस्थ सागर (epicontinental sea) के उथले जल में जमा होने और इस प्रकार समुद्र-तल (bottom of the sea) के पानी के तल से ऊपर उठकर भूमि के रूप में परिवर्तित हो जाने से। तटीय मैदान इन दोनों विधियों से बने हैं और दोनों विधियाँ किसी न किसी तटीय मैदान के निर्माण से सम्बन्धित रही हैं। तटीय मैदान पठारों अथवा पर्वतों की अधोगति (degradation—नीचे हो जाने) से भी निर्मित हो सकते हैं।

पृष्ठ १ में ओरेगन (Oregon) के संकीर्ण तटीय मैदान का एक भाग प्रदर्शित किया गया है। चूँकि अग्रिम पृष्ठों में इस प्रकार के चित्रों का प्रयोग बारम्बार हुआ है, अतः यहाँ पर उन सिद्धान्तों को समझ लेना आवश्यक है जिन पर ये आधारित हैं।

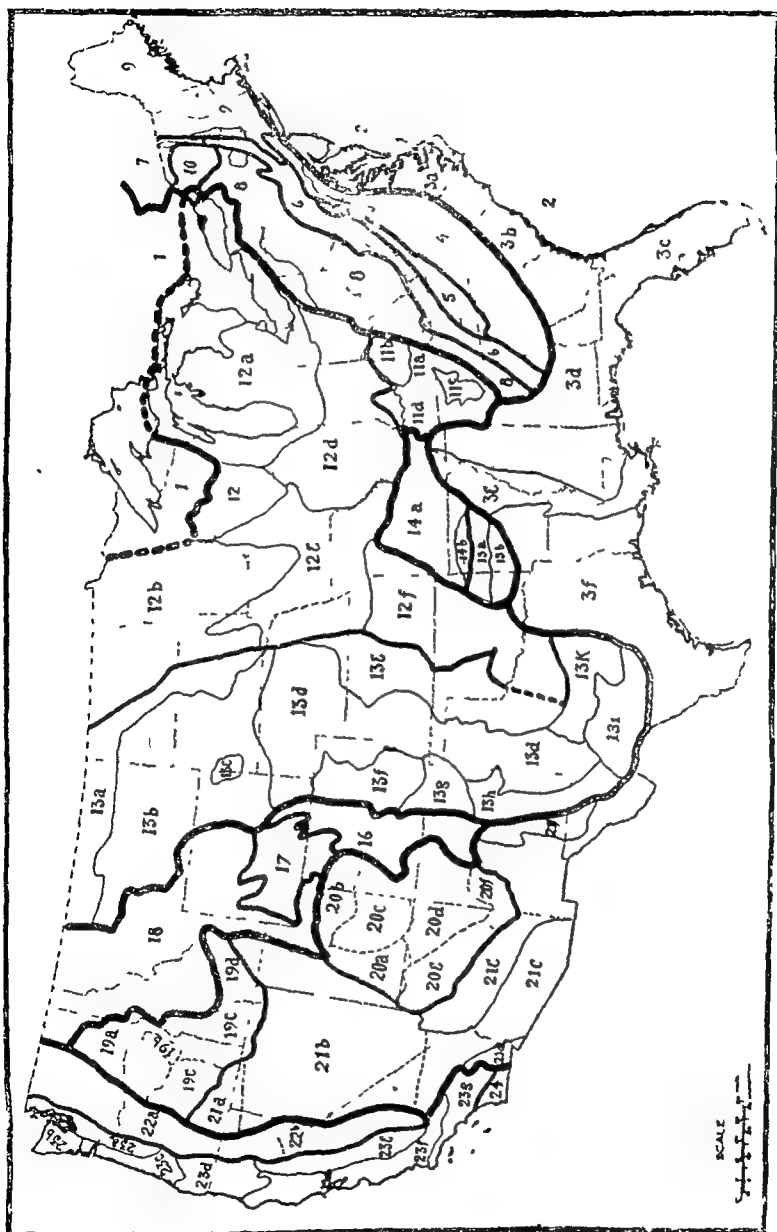


Fig. 15

Physiographic divisions of the United States. Modified slightly from the map published in the Annals of the Association of American Geographers, Vol. VI, N. M. Fenneman, Chairman of Committee. The chief modifications consist in the expansion of the interior highlands (14a) eastward to include the southern end of Illinois, and in the omission of a few minor sub-divisions.

1. Laurentian (Superior) upland. 2 and 3. Atlantic plain. 2 Continental shelf. 3. Atlantic coastal plain ; 3a. Embayed section ; 3b. Sea island section ; 3c. Floridian section ; 3d. East Gulf coastal plain ; 3e. Mississippi alluvial plain ; 3f. West Gulf coastal plain. 4-10. Appalachian highlands. 4. Piedmont province. 5. Blue Ridge province. 6. Appalachian Valley province, including the Hudson valley. 7. St. Lawrence Valley. 8. The Appalachian Plateaus. Minor sub-divisions indicated by broken lines. 9. New England province, sub-divisions omitted. 10. Adiroudack province. 11-13. Interior plains. 11. Interior Low plateaus ; 11a. Highland rim plateau ; 11b. Lexington plain ; 11c. Mashville basin ; 11d. Western section (unnamed). 12. Central Lowlands ; 12a. Eastern Lake section ; 12b. Western Lake section ; 12c. Western driftless section ; 12d. Till plains ; 12e. Dissected till plains ; 12f. Osage plains. 13. Great Plains province ; 13a. Missouri plateau, glaciated ; 13b. Missouri plateau, unglaciated ; 13c. Black hills ; 13d. High plains ; 13e. Border plains ; 13f. Colorado piedmont ; 13g. Raton section ; 13h. Pecos valley ; 13i. Edwards plateau ; 13k. Texas hill section. 14 and 15. Interior highlands. 14. Ozark plateaus ; 14a. Springfield-Salem plateaus ; 14b. Boston 'Mountains'. 15. Ouachita province ; 15a. Arkansas valley ; 15b. Ouachita mountains. 16-18. Rocky Mountain system. 16. Southern Rocky Mountains. 17. Wyoming basin. 18. Northern Rocky Mountain. 19-21. Intermontane plateaus. 19. Columbia plateaus, various sub-divisions. 20. Colorado plateaus, various sub-divisions. 21. Basin-and-range provinces, various sub-divisions. 22-24. Pacific mountain system. 22. Sierra Cascade mountains ; 22a. Cascades ; 22b. Sierra Nevada. 23. Pacific border province ; 23a. Puget trough ; 23b. Olympic mountains ; 23c. Oregon Coast range ; 23d. Klamath Mountains ; 23e. California ; 23f. California coast ranges ; 23g. Los Angeles ranges. 24. Lower California province.

समोच्च रेखा मानचित्र (Contour Map) की व्याख्या

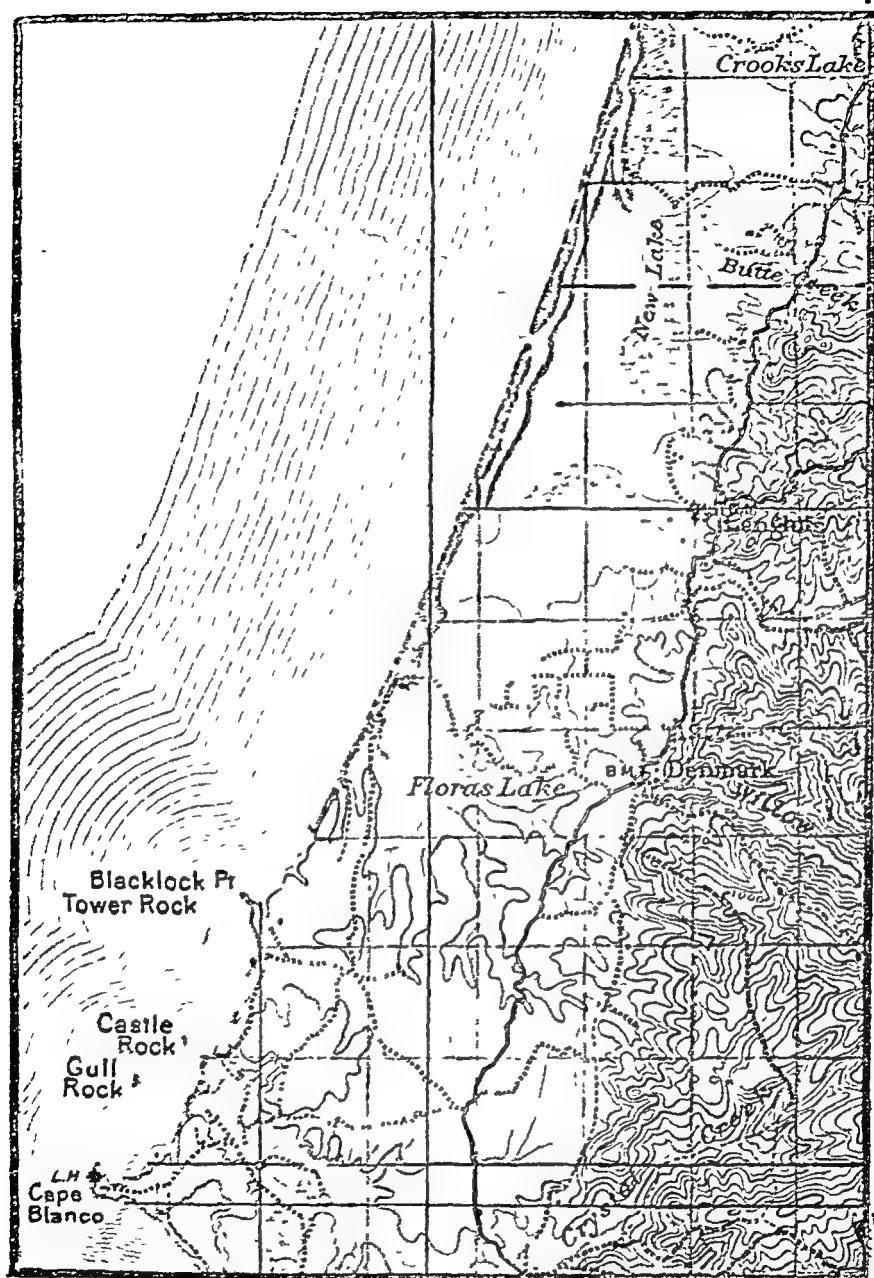
“स्थल की आकृति को स्थलाकृतिक मानचित्र (topographic map) में प्रदर्शित कर सकने के तीन स्पष्ट प्रकार हैं—(१) धरातल की विषमताएँ जिन्हें उद्भूति (relief) कहते हैं, जैसे—मैदान, पठार, घाटियाँ, पहाड़ियाँ और पहाड़; (२) जल के वितरण जो जल-निकास (drainage) कहलाते हैं, जैसे—नदियाँ, झीलें और दलदल, (३) मानव के कार्य जिन्हें संस्कृति (culture) कहते हैं, जैसे—सड़के, रेलमार्ग, सीमाएँ, ग्राम और नगर।

“उद्भूति (Relief)—समस्त ऊँचाइयाँ समुद्र के औसत तल से मापी जाती हैं। अनेक स्थलों की ऊँचाइयाँ ठीक-ठीक निश्चित की जाती हैं और जो अत्यन्त महत्त्वपूर्ण हैं उन्हें मानचित्र पर अंको में लिख दिया जाता है। परन्तु यह आवश्यक है कि मानचित्र में क्षेत्र के सभी भागों की ऊँचाइयाँ दी जाएँ, समस्त ढालों की क्षैतिज रेखा (horizontal outline) चित्रित की जाए और उनके ढाल का क्रम अथवा मात्रा प्रदर्शित की जाए। इस कार्य को, समुद्र के औसत तल से समान ऊँचाई वाले स्थानों को मिलाने वाली रेखाओं द्वारा किया जाता है। ये रेखाएँ नियमित उदग्रान्तर (regular vertical interval) पर खींची जाती हैं। इन रेखाओं को समोच्च रेखाएँ (contours) कहते हैं और प्रत्येक दो समोच्च रेखाओं के बीच सम-उदग्र (लम्बवत्) स्थान को समोच्च रेखान्तर (contour interval) कहते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका की भू-विज्ञान सर्वेक्षण संस्था (United States Geological Survey) के मानचित्रों पर समोच्च रेखाएँ और उच्चताएँ (elevations) भूरे रंग में मुद्रित की गयी हैं (पृष्ठ १)।

“जिस विधि से समोच्च रेखाएँ ऊँचाई, आकृति और क्रम प्रकट करती हैं वह आगामी रेखाचित्र (sketch) और तदनुरूप समोच्च रेखा-मानचित्र (corresponding contour map) में प्रदर्शित की गयी हैं (चित्र १६)।

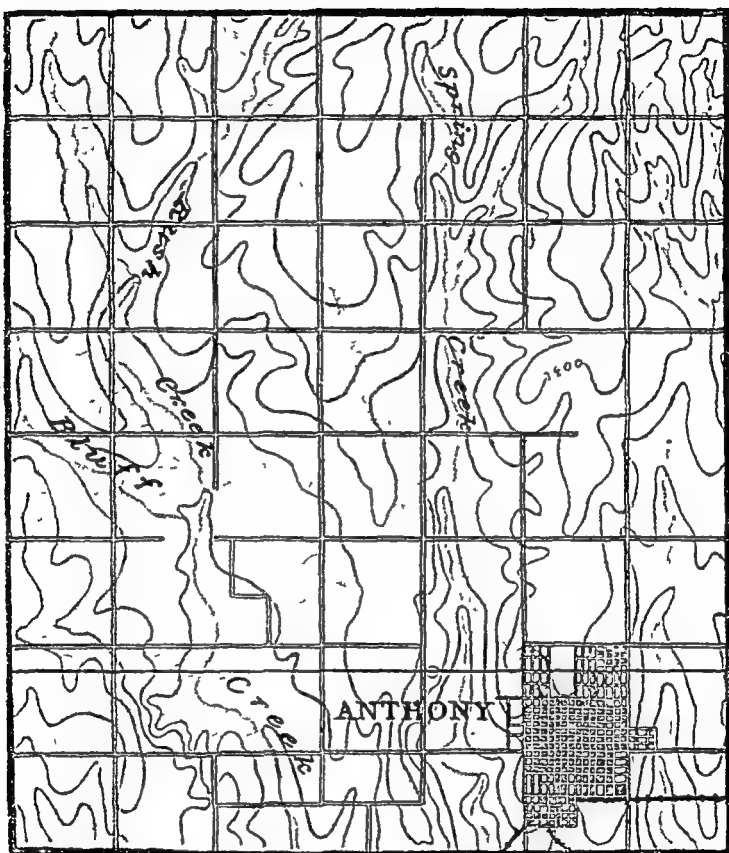
“यह रेखाचित्र (sketch) दो पहाड़ियों के मध्य एक नदी-घाटी का निरूपण करता है। अग्रभूमि में समुद्र है जिसकी एक खाड़ी अशत एक साकुश (hooked) बलुई भित्ति से बन्द है। घाटी के दोनों ओर एक उत्तल (terrace) है। दाहिनी ओर के उत्तल से एक पहाड़ी क्रमशः ऊँची उठती जाती है। इसकी बायी ओर के उत्तल से भूमि एक खड़ी चट्टान के रूप में प्रपाती आरोहण (ascends steeply) करती है। इस खड़ी चट्टान के व्यतिरेक (contrast) में बायी ओर के ढाल का अवरोहण (descent) मन्द है। रेखाचित्र में प्रदर्शित प्रत्येक आकृति उसके सीधे नीचे मानचित्र में समोच्च रेखा द्वारा दिखायी गयी है। जिस विधि से समोच्च रेखा ऊँचाई, आकृति और क्रम को चित्रित करती हैं उसको निम्नलिखित स्पष्टीकरण और भी अधिक स्पष्ट कर सकेगा।

“(१) एक समोच्च रेखा (contour) समुद्र-तल से ऊपर लगभग एक निश्चित ऊँचाई की द्योतक होती है। इस उदाहरण में समोच्च रेखान्तर (contour interval) १५ मीटर (५० फुट) है, अतः समोच्च रेखाएँ समुद्र-तल से १५, ३०, ४५, ६० और क्रमशः मीटरों की ऊँचाइयों पर खींची गयी हैं। ७५ मीटर की समोच्च रेखा पर वे सभी बिन्दु स्थित हैं जो समुद्र-तल से ७५ मीटर ऊँचे हैं और इसी प्रकार प्रत्येक समोच्च रेखा एक विशिष्ट ऊँचाई की द्योतक है। किन्हीं दो समोच्च रेखाओं के मध्य वे सभी ऊँचाइयाँ (elevations) स्थित हैं जो निम्न समोच्च रेखा से ऊँची और उच्च समोच्च रेखा से नीची हैं। इस प्रकार ४५ मीटर (१५०



A narrow coastal plain in Oregon. Scale 2— miles per inch. Contour interval 20 feet. (Port Orford Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE II



A well-drained plain in Kansas. Scale 2—miles per inch.
 Contour interval 20 feet. (Anthony, Kan., Sheet. U. S.
 Geol. Surv.)

फुट) की समोच्च रेखा उत्तल (terrace) के किनारे के ठीक नीचे पड़ती है जबकि ६० मीटर (२०० फुट) की समोच्च रेखा उत्तल के ऊपर है। इस प्रकार उत्तल के सभी स्थान समुद्र-तल से ४५ मीटर से ऊँचे किन्तु ६० मीटर से नीचे दिनाये गये हैं। पहाड़ी की ऊँची चोटी समुद्र-तल से २०६ मीटर (६७० फुट) ऊँची बनायी गयी है, इसी कारण २०० मीटर की समोच्च रेखा इसको घेरे हुए है। इस उदाहरण में प्रायः सभी समोच्च रेखाएँ अको द्वारा स्पष्ट की गयी हैं। जहाँ यह सम्भव नहीं होता, वहाँ कुछ समोच्च रेखाएँ, जैसे प्रत्येक पॉन्वी रेखा, को उद्ब्यक्त (accentuated—दबाव डालकर व्यक्त) करके उनके अंक लिग्न दिये जाते हैं। इनके अतिरिक्त अन्य समोच्च रेखाओं की ऊँचाइयाँ अतिरिक्त समोच्च रेखा के ऊपर अथवा नीचे गिनकर जान की जा सकती हैं।

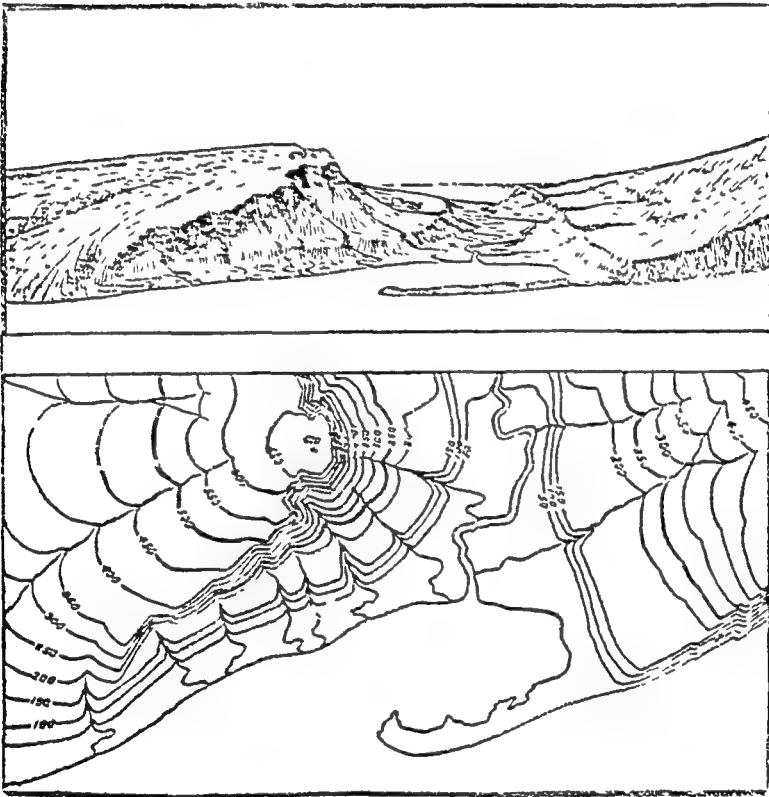


Fig 16

Sketch and map of the same area to illustrate the representation of topography by means of contour lines.

(U. S. Geological Survey)

“(२) समोच्च रेखाएँ ढालों की आकृतियों (forms) को भी व्यक्त करती हैं। चूँकि समोच्च रेखाएँ सतत (न टूटने वाली) क्षैतिज (horizontal) रेखाएँ होती हैं और भूमि-तल के अनुरूप ही खींची जाती हैं, वे चिकने तल पर भलीभाँति घूम जाती हैं, गहरी घाटियों के सभी अन्तःप्रवेशी कोणों (reentrant angles) में पीछे हट जाती हैं और ऊँचाइयों (prominences) के समीप से गुजरती हुई प्रक्षेपण

(project) कर जाती है। समोच्च वक्रों (contour curves) और कोणों का स्थल के दृश्यो (landscapes) की आकृतियों से जो सम्बन्ध है उसे मानचित्र और रेखाचित्र में ज्ञात किया जा सकता है।

“(३) समोच्च रेखाएँ किसी ढाल के निकटतम (approximate) क्रम को भी प्रकट करती हैं। दो समोच्च रेखाओं के मध्य का उदग्र (vertical—लम्बवत्) स्थान समान ही रहता है, चाहे वे एक उत्प्रपात (cliff—दीवार की भोंति का ढाल) के किनारे हों अथवा एक मन्द ढाल पर हों। एक मन्द ढाल पर दी हुई ऊँचाई तक पहुँचने के लिए तल पर एक प्रपाती (steep) ढाल के अपेक्षाकृत अधिक दूर तक चलना होगा और इसी कारण समोच्च रेखाएँ मन्द ढालों पर अधिक दूरी पर और प्रपाती ढालों पर एक दूसरे के सन्निकट रहती हैं।

“एक समतल अथवा मन्द ऊँचे-नीचे प्रदेश को दिखाने के लिए लघु समोच्च रेखान्तर का प्रयोग किया जाता है। एक प्रपाती अथवा पहाड़ी प्रदेश के लिए बड़े रेखान्तर (interval) की आवश्यकता होती है। भू-विज्ञान सर्वेक्षण (geological survey) एटलस के पृष्ठों पर प्रयुक्त लघुतम रेखान्तर १५ मीटर है। इसका प्रयोग मिसीसिपी डेल्टा और डिस्मल दलदल (Dismal Swamp) जैसे प्रदेशों के लिए किया जाता है। कोलोरेडो में स्थित विशाल पर्वतों के खण्डों का मानचित्रण करने के लिए रेखान्तर ७६२ मीटर हो सकता है। मध्य की उद्भृति (relief) के लिए समोच्च रेखान्तर ३, ६, ७५, १५ और ३० मीटर के हो सकते हैं।

“जल-निकास (Drainage)—पट्टे में जलमार्ग नीली रेखाओं से प्रदर्शित किये गये हैं। यदि नदी में वर्ष भर जल बहता रहता है तो रेखा अविच्छिन्न (विना टूटन के) खींची जाती है, किन्तु यदि वर्ष के कुछ भाग में नदी का स्रोत सूख जाता है तो रेखा विच्छिन्न (विन्दुदार) बनायी जाती है। जहाँ नदी की धारा तल के नीचे डूब जाती है और फिर किसी अन्य स्थान पर तल पर निकल आती है तो वहाँ अनुमानित भूमिगत मार्ग टूटी नीली रेखा से दिखाया जाता है। झीले, दलदल और जल के अन्य खण्ड भी उचित रूढ़ चिह्नों (conventional signs) द्वारा नीले रंग में ही दिखाये जाते हैं।

“संस्कृति (Culture)—मानव के कार्य, जैसे सड़के, रेलमार्ग और नगर, प्रदेशों और राज्यों की सीमाएँ, एवं अन्य कृत्रिम विस्तार काले रंग में मुद्रित किये गये हैं।”^१

समोच्च मानचित्र (Contour Map) अभ्यास^२

(१) एक शक्वाकार (conical) पर्वत का, जिसका शिखर ६०० मीटर (२,००० फुट) ऊँचा है, समोच्च रेखा मानचित्र बनाइए। उसमें समोच्च रेखान्तर ६० मीटर (२०० फुट) है।

(२) एक १० किलोमीटर वर्गाकार मैदान का समोच्च रेखा मानचित्र बनाइए। मैदान का एक किनारा समुद्र-तल की ऊँचाई पर है और उसके सामने का

^१ ‘संयुक्त राज्य भू-विज्ञान सर्वेक्षण’ (United States Geological Survey) की पृष्ठ-भूमिका से उद्धृत।

^२ लेखक का अनुभव है कि विद्यार्थी स्वयं स्थलाकृत मानचित्र (contour maps) खींचकर अधिक शीघ्रता से उसका ज्ञान प्राप्त कर सकेंगे।

३० मीटर (१०० फुट) की ऊँचाई पर। भूमि का समुद्र की ओर को एक सम ढाल केवल एक घाटी द्वारा आलोकित (scarred) है। घाटी में कोई महायुक्त नदियाँ नहीं हैं और वह (घाटी) मैदान की सम्पूर्ण चौड़ाई में फैली है। ३ मीटर (१० फुट) का मनोच्च रेखांतर कीजिए और एक सेंटीमीटर बराबर एक किलोमीटर के क्षैतिज मापक (horizontal scale) का प्रयोग कीजिए।

संयुक्त राज्य के पूर्वी भाग का समुद्रतटीय मैदान (चित्र १५) उत्तर में कुछ किलोमीटर की चौड़ाई में लेकर दक्षिण में बार्गोलीना और जार्जिया में १६० किलोमीटर (१०० मील) या इससे भी अधिक चौड़ा है। इसकी गणना एक चौड़े तटीय मैदान के रूप में की जा सकती है। मैक्सिको की खाड़ी के किनारे का तटीय मैदान और भी अधिक चौड़ा है जो निर्माणिक के मर्याद अपनी अधिकतम चौड़ाई में कई सौ किलोमीटर चौड़ा है। उत्तरी यूरेगिया का तटीय मैदान इन सबसे अधिक चौड़ा है, यहाँ यूगल जैसी पर्वत-शृंखला कहीं-कहीं लपटित है।

समुद्र की ओर के किनारे पर तटीय मैदान साधारणतः समुद्र-तल से कुछ ही ऊँचे हैं। इसके विपरीत उनके भीतरी स्थलीय किनारे (inland borders) यदि वे विभिन्न रूप में चौड़े होते हैं तो समुद्र-तल से सैकड़ों मीटर ऊँचे हो सकते हैं। अपने स्थलीय किनारों (landward edges) पर कुछ तटीय मैदान पठारों अथवा पर्वतों से मिल जाते हैं और वहाँ वा दाल मैदानों के ढाल की अपेक्षा अधिक प्रपारी (steep) हो जाता है। यही सीधा ढाल, समुद्र-तल से किसी अन्य ऊँचाई की अपेक्षा तटीय मैदान के स्थलीय किनारे को अंकित करता है। अटलाण्टिक तटीय मैदान की आन्तरिक सीमा की ऊँचाई प्रायः ३० मीटर से कई सौ मीटर के भीतर है। इसके भीतरी स्थलीय किनारे (landward edges) को अंकित करने वाले अपेक्षाकृत सीधे ढाल को प्रगन-रेखा (Fall-line) कहते हैं। इनके सहारे अनेक प्रसिद्ध नगर स्थित हैं जिनमें ट्रेण्टन, रिचमंड, बाल्टिमोर, वाशिंगटन, रीचमंड, गैले, कान्डन, बोल्टिमोर और आगस्टा हैं। इन नगरों की स्थिति निर्धारित करने में प्रमुख तथ्य यह था कि यहाँ की नदियाँ तटीय मैदान से गल्लता से ताव चलाने के योग्य हैं किन्तु इस रेखा से ऊपर नहीं। प्रगन-रेखा की स्थिति का निर्धारण नीचे की चट्टानों के ढलान की असमानताओं (inequalities) से किया गया था। इन रेखा से पश्चिम की ओर की चट्टानें इसके पूर्व की ओर की चट्टानों से कहीं अधिक कड़ी हैं। मैक्सिको की खाड़ी के तटीय मैदान की आन्तरिक स्थलीय (landward) सीमा, अलबामा से पश्चिम की ओर अटलाण्टिक की सीमा की अपेक्षा अस्पष्ट है। ऐसे तटीय मैदान, जो उत्तरी अमेरिका से मध्यपूर्व में उत्तर-पूर्वी किनारे पर और महाद्वीप के पश्चिमी तट के सहारे स्थित हैं संकुचित एवं विच्छिन्न हैं तथा पर्याप्त विस्तृत भूभागों (stretchers) तक तो वे दृष्टि में भी नहीं आते। अतः तटीय मैदानों को महाद्वीपीय किनारों का सामान्य लक्षण माना जा सकता है किन्तु सर्वव्यापक लक्षण नहीं।

यदि महाद्वीपीय सागरों (epicontinental seas) के जल को स्थल-मंचों के निम्न भागों से हटा दिया जाए तो ज्ञात होगा कि वर्तमान भूमि के तटीय मैदान,

स्थलाकृति की दृष्टि से महाद्वीपीय मग्न-तटों के साथ अविच्छिन्न है। अतः स्थल-मण्डल के महान महाद्वीपीय प्रोटुबर्गो (continental protuberances—उभरे हुए भागों) के ये जलमग्न भाग जलमग्न तटीय मैदानों के रूप में ही समझे जाने चाहिए। स्थल के वर्तमान तटीय मैदानों में से अनेक मैदान ऐसे भी हैं जो पृथ्वी की बहुत बाद की अवस्था के साथ समुद्र से बाहर निकले हैं। जलमग्न तटीय मैदान उन तटीय मैदानों की अपेक्षा जो समुद्र-तल से ऊपर हैं, महाद्वीपी के साथ अधिक मात्रा में अविच्छिन्न (सटे हुए) हैं।

आन्तरिक मैदान (Interior plains)—इन मैदानों में से अनेक ऊँचे मैदान हैं, और उनमें से पूर्व में अपेलेशियन पहाड़ों और पश्चिम में राकी पहाड़ों के बीच के विस्तृत क्षेत्रफल का बड़ा भाग एक आन्तरिक मैदान है। दक्षिण की ओर यह मैदान अपेक्षाकृत नीचा है और खाड़ी के किनारे के तटीय मैदान में विलीन हो जाता है। उत्तर की ओर यह आन्तरिक मैदान बहुत ऊँचा है और ३०० मीटर (१००० फुट) से भी अधिक ऊँचाई धारण कर लेता है, किन्तु इसकी उठान इतनी क्रमिक है कि यह सभी स्थानों पर एक विशाल निम्न भूमि-सा ही दिखाई देता है। पूर्व में भी यह मैदान जब तक कि यह अपेलेशियन पहाड़ों से नहीं मिल जाता, ऊँचा उठता जाता है, यहाँ तक कि अपेलेशियन पहाड़ों के पश्चिमी किनारे पर यह एक ऊँचा क्षेत्र है जो समुद्र-तल से प्रायः ३०० मीटर ऊँचा है और प्रायः कम्बरलैण्ड या अलेगनी (Allegheny) पठार कहलाता है (चित्र १५)। यह भूमि-खण्ड मैदान का भाग न कहलाकर पठार ही कहा जाता है। इसका कारण यह नहीं है कि यह भाग अधिक ऊँचा है बल्कि इसका कारण यह है कि स्थान-स्थान पर यह पश्चिम की ओर के निचले क्षेत्र की अपेक्षा कुछ स्पष्ट रूप से पृथक् है। पश्चिम में आन्तरिक मैदान क्रमशः ऊँचा उठता जाता है और ढाल के किसी स्पष्ट उठान के बिना ही कई हजार मीटर की ऊँचाई धारण कर लेता है। इतनी अति पर्याप्त ऊँचाई कम्बरलैण्ड के पठार की ऊँचाई से भी अत्यधिक है। राकी पर्वतों के पूर्व का यह क्षेत्र प्रायः 'बड़ा मैदान' कहा जाता है। इस प्रदेश का पश्चिमी भाग सम्भवतः मैदान की अपेक्षा अधिक समुचित रूप में पठार है। किन्तु यह उन पर्वतों (राकी) से जिनसे यह पश्चिम में जा मिला है, विशेष रूप से नीचा है। राकी पर्वतों के समीप से इस मैदान के ऊँचे भागों तथा मिसिसिपी के समीपवर्ती इसके नीचे भागों के बीच ढाल में कोई भी आकस्मिक परिवर्तन नहीं है। यह स्पष्ट रूप से एक स्थलाकृतिक (topographic) इकाई है। यदि इस क्षेत्र के पश्चिमी भाग को पठार की कोटि में रखा जाए, तो इससे एक अति सुन्दर उदाहरण यह प्राप्त होगा कि एक मैदान किस प्रकार से एक पठार की श्रेणी में बदल जाता है, क्योंकि इसके मैदानी और पठारी भाग को विभाजित करने वाली रेखा मनमाने ढंग से कार्य करने वाली एक रेखा है। यदि 'बड़े मैदान' के ऊँचे पश्चिमी भागों को पठार मान भी लिया जाए, तो भी यह सत्य है कि आन्तरिक मैदान के कुछ भाग उन अनेक क्षेत्रों से ऊँचे हैं जिन्हें पठार कहा जाता है। 'बड़े मैदान' जैसे क्षेत्रों को मैदानों की कोटि में प्रमुखतः समुद्र-तल से उनकी

ऊँचाई के ही कारण नहीं बल्कि इस कारण भी रखा जाता है कि वे अपने पास-पड़ोस से विशेष रूप से ऊँचे नहीं उठते हैं।

‘बड़े मैदानों’ के सामान्य स्थलाकृतिक सम्बन्धों का चित्र १३ में निरूपण किया गया है। यदि राकी पर्वतों और मिमीमिपी नदी के मध्यवर्ती क्षेत्र का सामान्य ढाल इस चित्र के मध्य में दिखायी गयी विन्दु रेखा के रूप में होता, तो इसके पश्चिमी भाग को निस्सन्देह ही पठार की कोटि में रखा गया होता और पठार तथा मैदान को विभाजित करने वाली यह रेखा एक स्वाभाविक रेखा होती।

जहाँ-तहाँ कुछ पर्वत, जैसे दक्षिणी डाकोटा की काली पहाड़ियाँ (Black hills), मिसौरी का ओजार्क पर्वत (पठार), और आरकमस तथा ओकलाहोमा के वाणिता (Ouachita) पहाड़, इस विशाल आन्तरिक मैदान के सामान्य तल में स्पष्टतः ऊपर उठे हुए हैं। ओजार्क और वाणिता पहाड़ ‘बड़े मैदानों’ के पश्चिमी किनारों के बराबर ऊँचे नहीं हैं। लेकिन वाणिता पहाड़ कम से कम अपने निकटतम पड़ोस से विशेष रूप से ऊँचे हैं और उनके शिखर-भाग इनसे सीमित हैं कि उनको पठार नहीं माना जा सकता है। दूसरी ओर ओजार्क-खण्ड को पर्वत-प्रदेश की अपेक्षा एक पठारी प्रदेश कहना अधिक युक्तिसंगत होगा। वाणिता पर्वत अथवा ओजार्क पठार की अपेक्षा काली पहाड़ियाँ (Black hills) अधिक ऊँची हैं और अधिक स्पष्ट रूप में मैदानों से पृथक् हैं। पहाड़ी का नाम होते हुए भी वे पहाड़ हैं।

आन्तरिक मैदानों का निर्माण विभिन्न प्रकार से हुआ है। उनमें से कुछ पुराने तटीय मैदान हैं, जो अपने समुद्री किनारों की ओर उच्च भूमि के बढ़ आने से अब अगत समुद्र में दूर पड़ गये हैं। उनमें से कुछ उन क्षेत्रों के शेष हैं जो कभी ऊँचे थे, किन्तु अब वे भूमि की घर्षणकारी शक्तियों द्वारा घिसकर नीचे हो गये हैं। हो सकता है कि अन्य मैदानों का उद्भव अन्य विधियों द्वारा हुआ हो।

मैदानों की स्थलाकृति (Topography of plains)—सम्यक् रूप से मैदानों के तल पठारों और पहाड़ों के तलों की अपेक्षा बहुत कम विषम (uneven) हैं। वास्तव में मैदानों के तल प्रायः सपाट हो सकते हैं, यद्यपि साधारणतया वे कुछ विषम हैं। कुछ दशाओं में उद्भूति (relief) थोड़ी और कुछ में पर्याप्त है। सामान्यतः ऊँचे मैदान निचले मैदानों की अपेक्षा अधिक विषम हैं। किन्तु इस सामान्य कथन में स्थानीय अपवाद भी हैं क्योंकि कुछ ऊँचे मैदानों का पर्याप्त क्षेत्र प्रायः सपाट है।

तल की विषमताएँ (unevennesses) प्रकार (kinds) एवं मात्रा (amount) दोनों ही दृष्टियों से भिन्न हैं। इस प्रकार कुछ मैदानों अथवा मैदानों के कुछ भागों और सभी गर्तों (depressions) में जल के निकाल के लिए सुविधा है, जहाँ होकर तल का जल बहकर दूर चला जाता है। इसके अतिरिक्त अन्य मैदानों में द्रोणी (basins) के आकार के अनेक गर्त हैं जिनमें जलाशय और झीले स्थित हैं। प्रथम प्रकार के अनेक गर्त वाले मैदान पूर्ण-जलोत्सारित (well-drained) हैं (अर्थात् उनमें से जल सरलता से बह जाता है)। दूसरे प्रकार के मैदान न्यून-जलोत्सारित (ill-drained) हैं। पूर्ण-जलोत्सारित क्षेत्र (पट्ट २) संयुक्त राज्य के दक्षिणी भाग

मे ओहियो और मिसौरी के दक्षिण में फैले हुए हैं, जबकि न्यून-जलोत्सारित क्षेत्र (पट्ट ३) सुदूर उत्तर में अधिक हैं। इन मैदानों की स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographic features) तृतीय क्रम की उद्भूत आकृतियाँ (relief features) हैं।

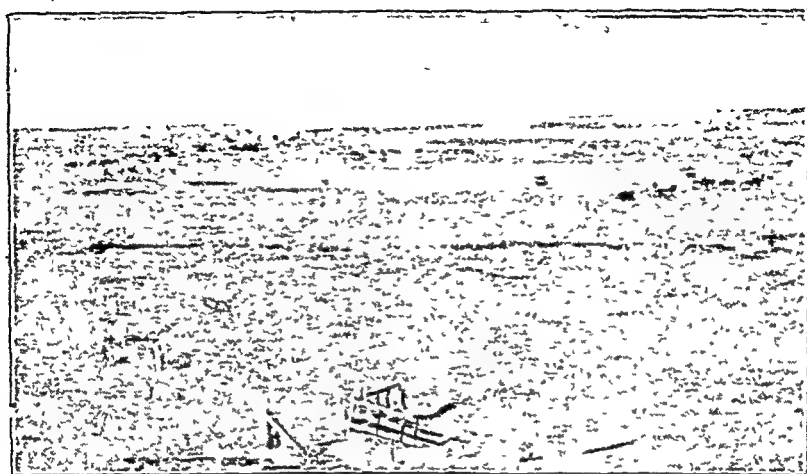


Fig. 17

A plain with little relief Valley plain of the Cimarron River, south-western Kansas. (*U S Geological Survey*)

विस्तार और निवास-योग्यता (Extent and habitability)—स्थल-क्षेत्र का अधिकांश भाग मैदानी है और पृथ्वी की जनसंख्या का बड़ा भाग उसमें रहता है (चित्र १७ और १८)। मैदान मानवीय क्रियाओं के प्रमुख रंगमंच हैं, अर्थात् इस-



Fig. 18

A plain with notable relief Iowa. (*Calvin*)

लिए कि उनकी जलवायु सामान्यतः ऊँचे प्रदेशों की अपेक्षा अधिक अनुकूल है और अर्थात् इसलिए कि इनमें भूमि का अधिक भाग या तो सपाट है अथवा उसमें बहुत मन्द ढाल है। उच्च भूमि की तुलना में मैदानों के तल का अधिकांश भाग कृषि-

योग्य है, क्योंकि (१) उनके सपाट भाग और मन्द ढाल उच्च भूमि के अपेक्षाकृत सीधे ढालों की अपेक्षा सामान्यतः अधिक मिट्टी में ढके हुए हैं, और (२) उनके तल का अधिकांश भाग कृषि के लिए अधिक ढलवाँ नहीं है। इसलिए विश्व की अधिकांश कृषि मैदानों में ही होती है।

ऊँचाई के अनुसार १६०० ई० में संयुक्त राज्यों की जनसंख्या का वितरण निम्नलिखित था^१

समुद्र-तल से ३० मीटर की ऊँचाई से नीचे लगभग	...	...	१५.६%
३० मीटर और १५० मीटर के बीच	...	...	२१.८%
१५० मीटर और ३०० मीटर के बीच	...	...	३८.७%
३०० मीटर और ४५० मीटर के बीच	...	...	१४.६%
४५० मीटर और ६०० मीटर के बीच	...	...	४.१%
६०० मीटर और ६०० मीटर के बीच	...	...	२.१%
६०० मीटर से ऊपर	...	...	२.७%

मैदान परिवहन (transportation) और अन्तःसंचार (inter-communication) के लिए भी अनुकूल होते हैं, क्योंकि (१) उच्च और विषम प्रदेशों की अपेक्षा मैदानों में सड़कों, रेलमार्गों, नहरों आदि का निर्माण अत्यधिक सरल होता है, और (२) पर्वतों तथा पठारों की अपेक्षा मैदानों की अनेक नदियाँ नौका-चालन के योग्य होती हैं। इन कारणों से, और इसलिए भी कि निर्माण के लिए आवश्यक कच्चे मालों का अधिकांश भाग मैदानों में ही उगाया जाता है तथा विश्व के निर्माणकारी (manufacturing) कार्य अधिकांशतः मैदानों में ही किये जाते हैं, यह उल्लेखनीय है कि जलवायु और मिट्टी की दृष्टि में अधिक अनुकूल विस्तृत मैदान अटलांटिक सागर के किनारे हैं, और विशेषतः इसी कारण से इस सागर के तट विश्व सभ्यता और वाणिज्य के गमच रहे हैं।

सभी मैदान अपने यहाँ की जनसंख्या का भरण-पोषण नहीं कर पाते हैं, जैसे यूरेशिया और उत्तरी अमरीका के विशाल मैदानों के उत्तरी भाग अत्यन्त शीतल होने के कारण विभिन्न उद्योगों अथवा उत्पादनों के योग्य नहीं हैं जिसमें वहाँ जनसंख्या के कम रहने की ही सम्भावना है। उष्ण कटिबन्धीय मैदानों की जलवायु ऐसी है जो अब तक हानिकारक ही मानी जाती रही है।

पठार (Plateaus)

पठार ऐसे भूखण्ड हैं जो इस प्रकार से स्थित होते हैं कि वे कम से कम एक ओर से ऊँचे दिखाई पड़ें और साथ ही साथ उनके शिखर-तलों पर या शिखरों के समीप पर्याप्त क्षेत्र भी हो। उदाहरणार्थ, यदि एक तटीय मैदान समुद्र-तल से धीरे-धीरे ६० मीटर (२०० फुट) की ऊँचाई तक उठता है और तब एक सीधे ढाल द्वारा एक ऐसे दूसरे भूखण्ड से मिलता है जिसकी भूमि न्यूनधिक रूप में समतल है और वह पहले मैदान से ३० मीटर से लेकर ६० मीटर तक ऊँचा है (चित्र ४)

^१ '१२वीं जनसंख्या गणना', बुलेटिन सं० १, पृष्ठ १०।

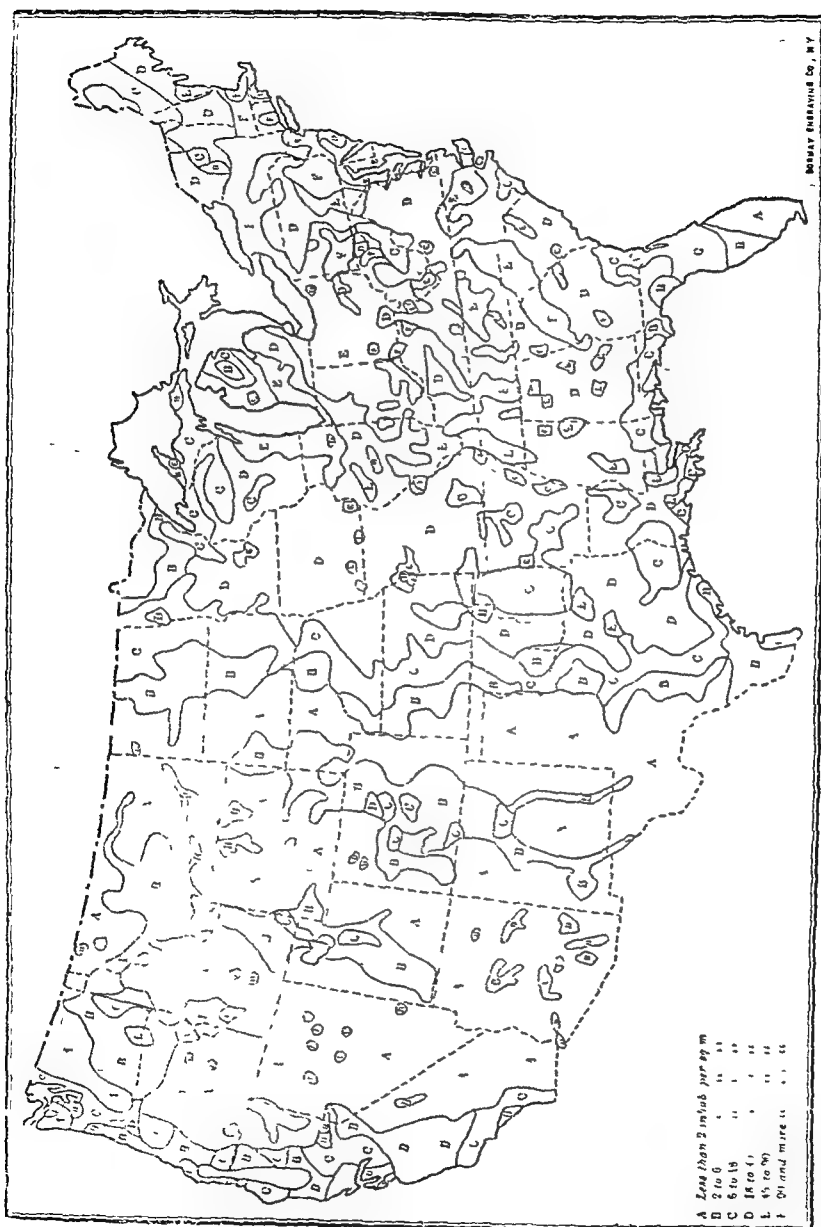


Fig 19. Map showing density of population in different parts of the United States.
(After Gannett, U. S. Census)

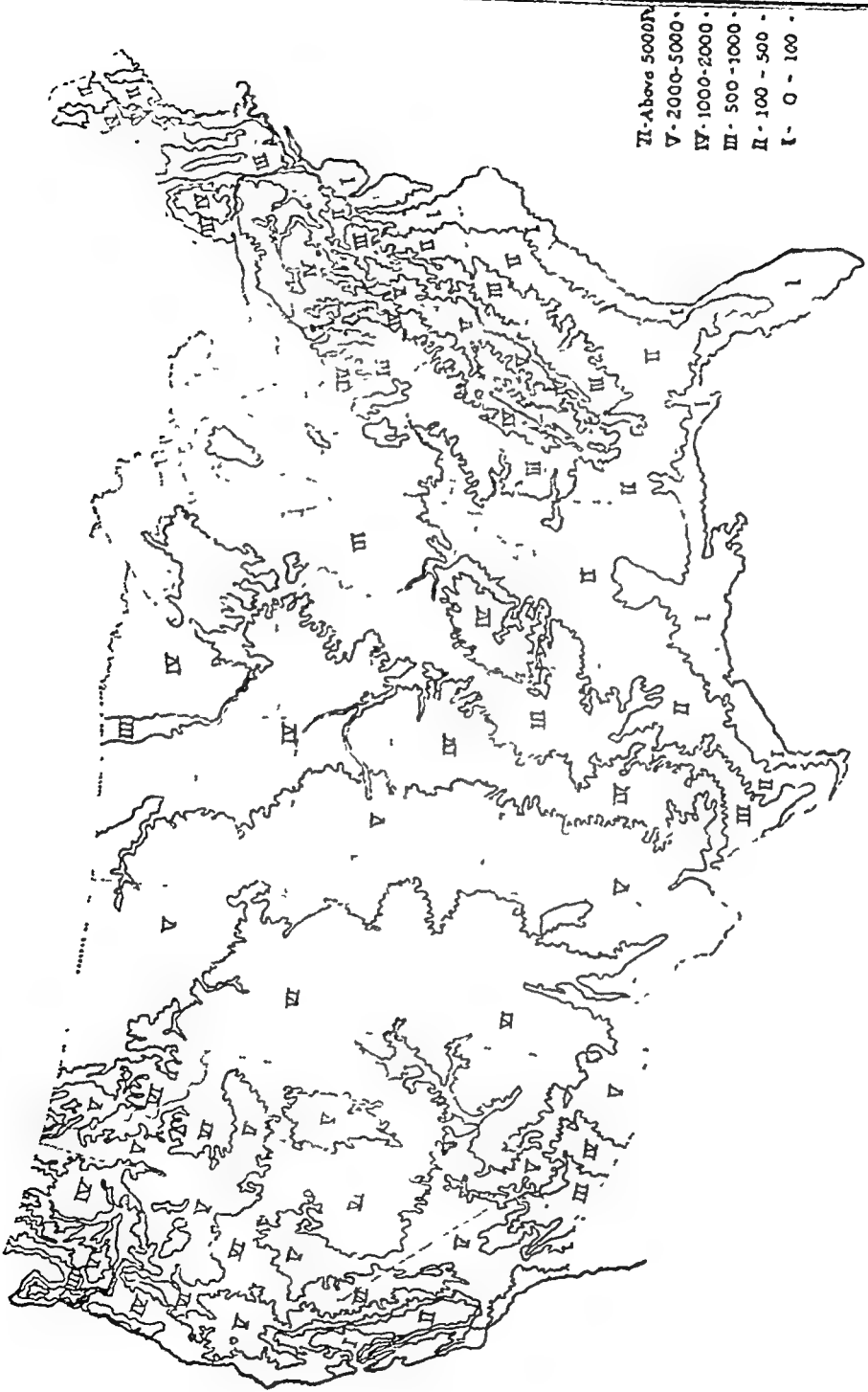


Fig. 20. Relief-map of the United States.

तो ऊपरी भूखण्ड सामान्यतया एक 'पठार' कहा जाएगा। इस भूखण्ड को 'पठार' कहे जाने का कारण केवल उसकी समुद्र-तल से ऊँचाई ही नहीं है वरन् इसका एक मुख्य कारण यह भी है कि यह स्थल एक ओर से अपने समीपवर्ती मैदान की अपेक्षा स्पष्ट रूप से अधिक ऊँचा उठा हुआ है। उदाहरण के लिए, यदि समुद्र-तट से भूमि की ओर को पता लगाया जाए तो अटलाण्टिक के तटीय मैदान का नीचा ढाल,

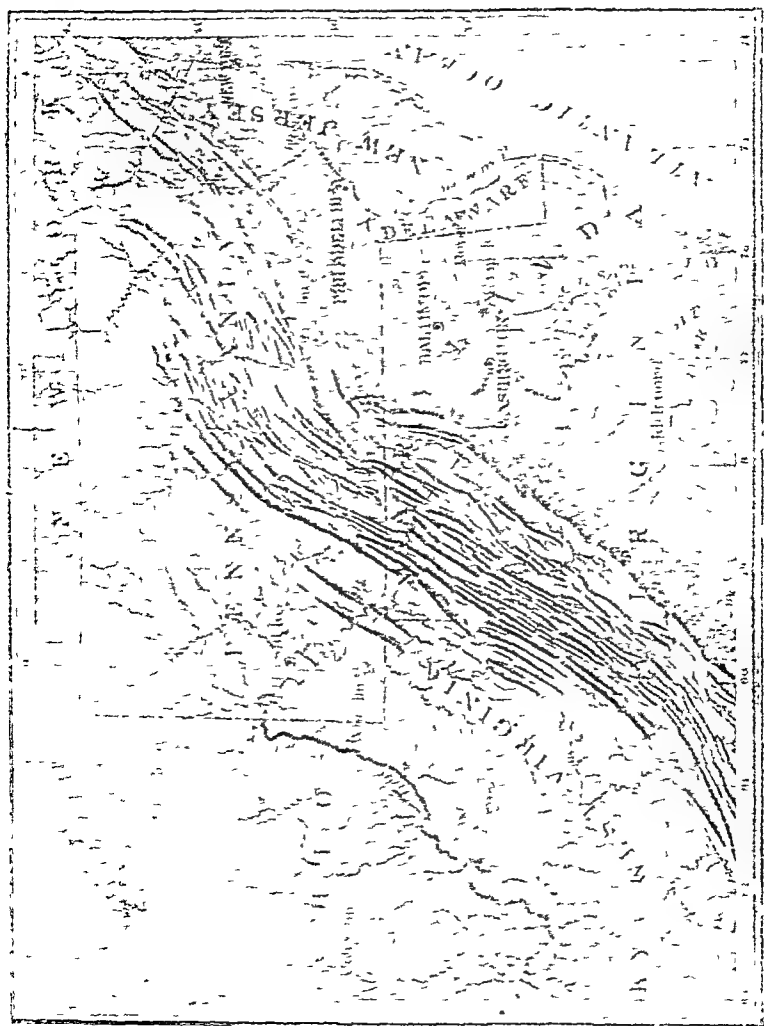


Fig. 21. Relief-map of the Northern Appalachians and their surroundings.
(U. S. Geological Survey)

संयुक्त राज्य में, प्रपात-रेखा (Fall-line) के समीप एक अधिक खड़े ढाल में समाप्त होता है और तटीय मैदान के उपरान्त, ऊपर का भूखण्ड 'पीडमॉण्ट' का पठार है। किन्तु इस पठार के अधिक भागों की ऊँचाई, महाद्वीप के विशाल आन्तरिक मैदान के अधिकांश भागों की ऊँचाई से कम है।

यद्यपि पठार सामान्यतः मैदानों में ऊँचे होते हैं, फिर भी यह पुनः कहा जा सकता है कि उनके बीच का अन्तर ऊँचाई पर उतना निर्भर नहीं है जितना पारस्परिक सम्बन्धों पर। कोई भी भूखण्ड तब तक पठार नहीं कहा जाता जब तक कि वह एक ओर अथवा कई ओर ने अपने समीपवर्ती थल अथवा जल भाग से स्पष्टतया ऊपर न उठता हो।

पहाड़ों और पठारों में इस स्थूल अन्तर के होने हुए भी ये दो बड़े स्वलाकृतिक प्रकार (topographic types) एक-दूसरे के इतने समान होते हैं कि किसी-किसी परिस्थिति में तो यह कहना कठिन हो जाता है कि किस विनिष्ट प्रदेश को पठार तथा किस प्रदेश को पर्वत कहा जाए। यह सम्भव है कि कोई प्रदेश अपने गाम-पठार की परिस्थिति के अनुसार पठार कहलाया जाए, किन्तु अन्य परिस्थितियों में एक मैदान माना जाए। अनेक परिस्थितियों में प्राकृतिक अन्तर इतने अस्पष्ट होते हैं कि वे हमारी मनमानी (किन्तु आवश्यक) परिभाषाओं के अन्तर्गत नहीं आते हैं।

पठारों की स्थिति एवं विस्तार (Position and area of plateaus)—कुछ पठार एक ओर पर्वतों से और दूसरी ओर मैदानों से घिरे होते हैं, जैसा कि पूर्व उल्लिखित पीडमॉण्ट और कम्ब्रलैण्ड के पठारों के विषय में कहा जा चुका है। पठार पर्वतों के मध्य में भी स्थित हो सकते हैं, जैसे—मध्य एशिया, मैक्सिको और संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग के पठार। कुछ पठार समुद्र से सीधे उठे होते हैं, जैसे ग्रीनलैण्ड और अफ्रीका के भाग (चित्र २२)।



Fig. 22

Section across Africa along the parallel of 10° S. Vertical scale exaggerated about fifty times

यद्यपि पठार स्थल के पर्याप्त खण्ड को घेरे हुए हैं फिर भी उनका समस्त क्षेत्र मैदानों के क्षेत्र में कम है।

पठारों की उद्भूति^१ (Relief of plateaus)—समान के अधिकांश पठारों के तलों की उद्भूति मैदानों के तलों की उद्भूति से अधिक विस्तृत है, जिसका कारण यह है कि इन पठारों की घाटियाँ अधिक गहरी हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी अरीजोना (Arizona) में कोलोरेडो के पठार की ऊँचाई का औसत लगभग २,१०० मीटर (६००० फुट) है और उसकी उद्भूति एक किलोमीटर अथवा इससे भी अधिक है, क्योंकि कोलोरेडो नदी की घाटी की गहराई भी इतनी ही है (चित्र २४ और २५)। इस घाटी के तल से इस पठार के ढाल पर्वत के समान दिखाई देते हैं। वास्तव में ये पठार ससार के कई एक अन्य पर्वतों की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं और

^१ उद्भूति—दृष्टिगोचर होने वाला घरातल का प्राकृतिक स्वरूप।

शक्तिशाली है, और चूँकि इन ढालो के शिखर की ऊँचाई पर गहरी घाटी के आस-पास स्थल के बड़े-बड़े खण्ड स्थित हैं, अतः यह क्षेत्र एक पठार बन गया है। इस पठार के समान बड़ी उद्भूति किसी भी मैदान की नहीं है।

पठारो के अन्य लक्षण (Other features of plateaus)—पठारो की अधिकांश औसत उद्भूति की अपेक्षा, पठारो और पर्वतों के तलों में अधिक समता होती है। पठार सपाट (flat), खण्डित (broken), बेलनाकार (rolling), आदि प्रकार के होते हैं और स्थल की आकृतियों को जताने वाले ये शब्द कुछ दशाओं में एक ही पठार के विभिन्न भागों के लिए भी प्रयुक्त हो सकते हैं। कुछ पठार पूर्ण-जलोत्सारित (well-drained) और कुछ न्यून-जलोत्सारित (ill-drained) हैं। पठारों की उद्भूत आकृतियाँ (relief features) मैदानों की आकृतियों के समान ही तृतीय क्रम (third order) की आकृतियाँ हैं।

पठारों, विशेषतः ऊँचे पठारों, की जलवायु उन्हीं अक्षांशों में स्थित मैदानों की जलवायु की अपेक्षा स्पष्टतया अधिक शीतल होती है, और उनका अवक्षेपण (precipitation—अर्थात् ठोस होने की क्रिया) सामान्यतः कम है। निम्न अक्षांशों को छोड़कर, पठार मानव-निवास के लिए भली प्रकार से उपयुक्त होने के लिए अत्यधिक शीतल हैं, और उनकी वर्षा कृषि के लिए अपर्याप्त होने की सम्भावना

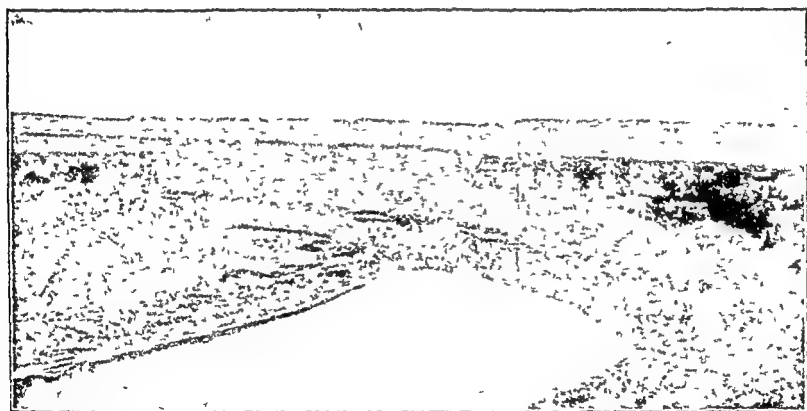


Fig. 23

A valley (canyon) in a plateau Snake River below the mouth of Rattlesnake Creek. (*U. S. Geological Survey*)

पैदा करती है। उनकी गहरी घाटियाँ परिवहन के योग्य नहीं हैं। इन तथा अन्य कारणों से ऊँचे पठार सामान्यतः मैदानों की अपेक्षा मानव-निवास के लिए कम प्रयोग में आते हैं और अधिकांश पठारों की जनसंख्या घनी नहीं है। इसके विपरीत, निचले पठारों की ऊँचाई, जैसे कि पीडमॉण्ट और कम्बरलैण्ड के पठार, जलवायु पर प्रतिकूल प्रभाव डालने के लिए बहुत अपर्याप्त हैं, और इसी कारण से ये पठार भी मैदानों की ही भाँति उर्वर हो सकते हैं। निम्न अक्षांशों में किन्हीं-किन्हीं पठारों का,

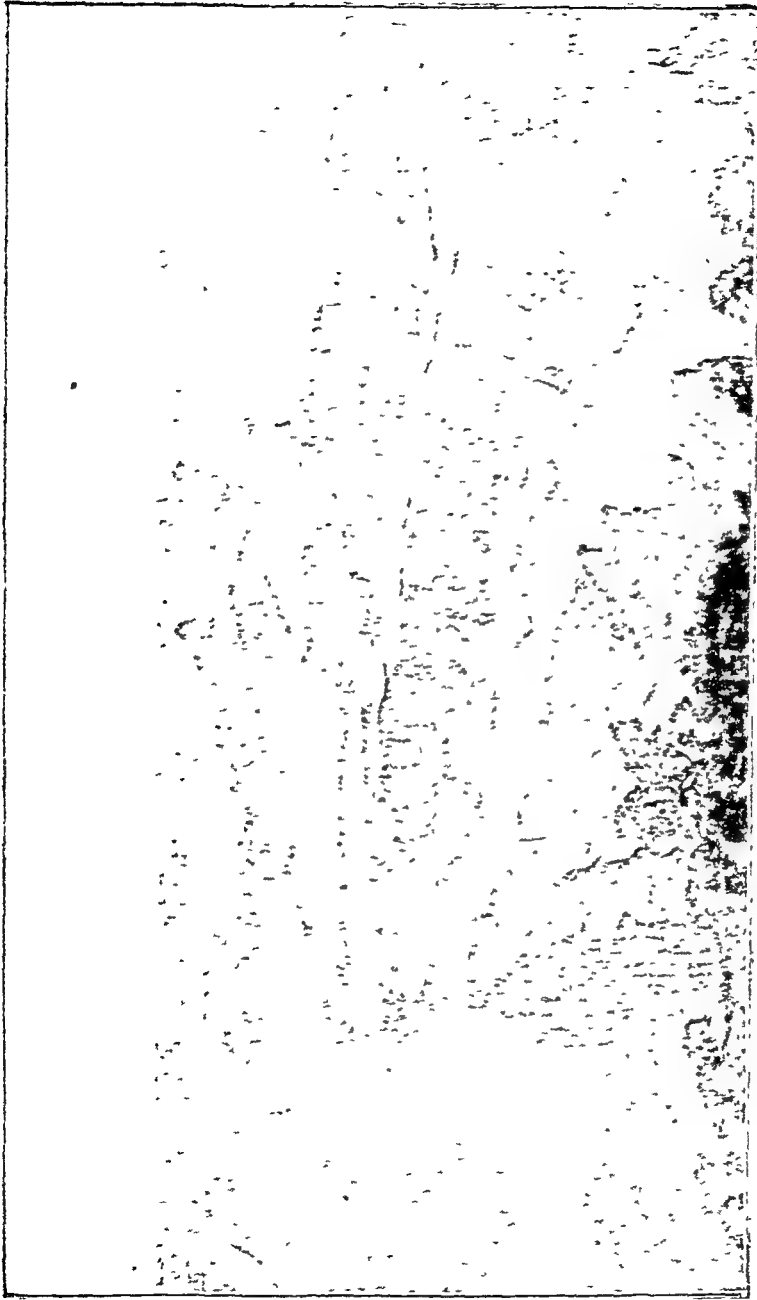


Fig. 24.

Sketch of a part of the Grand Canyon of the Colorado. A glimpse of the river is to be had at the left. (*Holmes, U. S. Geological Survey*)

यथा मैक्सिको का पठार, तापक्रम अनुकूल है और उनकी स्थिति ऐसी है कि उन्हें पर्याप्त जल मिल जाने पर वे उर्वर हो गये हैं।

पठारों की उत्पत्ति अथवा उद्भव (Origin of plateaus)—पठार विभिन्न प्रकारों से ऊँचाई ग्रहण करते हैं—(१) किन्ही-किन्ही अवस्थाओं में उनका निर्माण सम्भवतः अपने पड़ोस की भूमि के नीचे धँस जाने से हुआ होता है, उदाहरण के लिए,

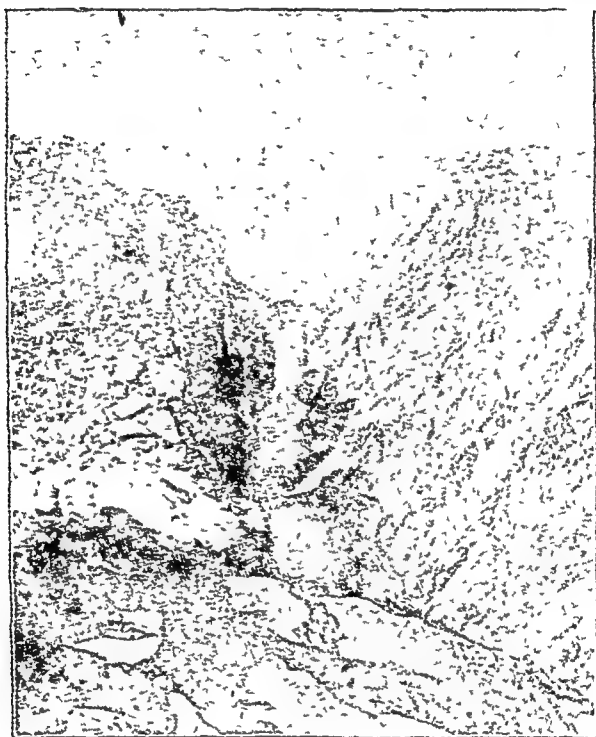


Fig 25

The Grand Canyon of the Colorado The inner gorge in the foreground, and the more distant cliffs in the background The Canyon is about a mile or $1\frac{1}{2}$ kilometer deep (Hull)

यदि बड़े मैदानों (उत्तरी अमरीका) का पूर्वी अर्द्धभाग कुछ सौ मीटर नीचे धँस जाए और पश्चिमी अर्द्धभाग वैसा ही बना रहे, तो पश्चिमी भाग निस्सन्देह एक पठार कहा जाएगा (चित्र १३); (२) कुछ पठार अपने पास-पड़ोस से ऊपर उठ जाने के कारण ऊँचे हो गये, और (३) कुछ या तो मैदानों अथवा निचले पठारों पर लावा (lavas—भूराल) के एकत्र हो जाने से बन गये हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिमोत्तर भाग का लावा पठार इसी प्रकार का है (चित्र १५ और ३६०)। कुछ छोटे भूखण्ड जिनमें पठारी लक्षण अन्य कारणों से आ जाते हैं, जैसे पास-पड़ोस के तल के परिभ्रमण

(degradation) के कारण अलग पड़ जाना, प्रायः पठार कहलाते हैं। ऐसे पठार निम्न श्रेणी की स्थल की आकृतियाँ (topographic features of a lower order) हैं, जिनका विचार इस प्रसंग में नहीं किया जा रहा है।

पर्वत (Mountains)

पर्वत प्रमुख रूप से ऊँचे स्थल हैं जिनके शिखर क्षेत्र अतिस्वरूप (slight summit areas) होते हैं। प्रमुख रूप से ऊँचे स्थल का अर्थ यह नहीं है कि वे अनिवार्यतः फुट अथवा मीटर की नाप में अधिक ऊँचे हैं, बल्कि इसका अर्थ यह है कि वे अपने पान-पडोम की औसत ऊँचाई से प्रमुख रूप से ऊँचे हैं।

यद्यपि सर्वाधिक ऊँचे पर्वतों के शिखरों की ऊँचाई समुद्र-तल में आठ और दस किलोमीटर (५ और ६ मील) के बीच है, तथापि अधिकांश पर्वतों की ऊँचाई इसकी आधी भी नहीं है। सर्वोच्च ऊँचे पर्वतों की ऊँचाई किमी भी पठार से अधिक है, किन्तु अनेक पर्वत इतने भी ऊँचे नहीं हैं जितने कि उच्चतर पठार। उदाहरणार्थ, मापेक्षिक रूप से ऐसे पर्वतों की संख्या कम है जो तिब्बत के पठार की भाँति ४,५०० से ४,८०० मीटर (१५,००० से १६,००० फुट) की ऊँचाई तक पहुँचते हैं। कई एक उच्च स्थल ऐसे भी हैं जो पर्वत कहलाते तो हैं किन्तु वे समुद्र-तल से उतने भी ऊँचे नहीं हैं जितने कि उच्चतर मैदानों के उच्चतर भाग हैं।

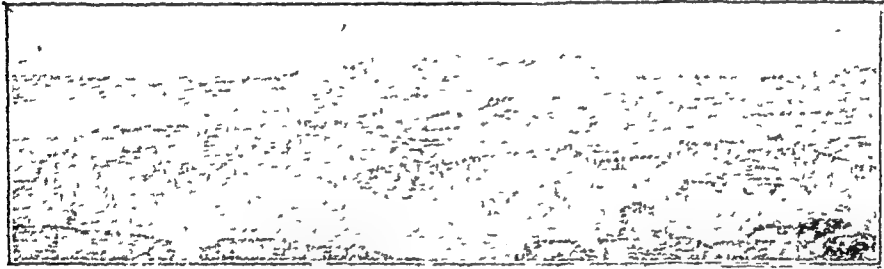


Fig. 26

Sierra el Late Mountains, Colo., with dissected mesa in the foreground. (Holmes, U S Geological Survey)

समान ऊँचाई के पठारों में पर्वत इस अर्थ में भिन्न है कि इनके (पर्वत) शिखर-तल का विस्तार किंचित ही रहता है। पर्वत-शिखरों (peaks) के नाम इस अन्तर को सूचित करते हैं। एक पर्वत कटक (mountain ridge) अथवा श्रेणी लम्बी हो सकती है, किन्तु उसका शृंग (crest) मापेक्षितया सकुचित रहता है। चित्र २१ में प्रदर्शित कई श्रेणियाँ इसके उदाहरण हैं। अनेक स्थानों में अनेक शिखर अथवा श्रेणियाँ (ranges) सम्बद्ध हो जाते हैं और एक पर्वत-समूह (चित्र २६) अथवा एक पर्वत-शृङ्खला (chain) (चित्र २१) बनाते हैं, किन्तु बड़े पर्वत-समूहों में भी उच्च भूमि का विनाश अविच्छिन्न क्षेत्र नहीं होता है। ३,००० मीटर ऊँचा स्थल, यदि उसका शिखर-क्षेत्र विस्तृत है, सामान्यतया पठार, और यदि शिखर-

क्षेत्र एक चोटी है तो एक पर्वत कहलाता है। यदि शृंग एक सकीर्ण कटक (ridge) है तो पर्वत कटक अथवा श्रेणी कहलाता है, और यदि क्रमिक चोटियों और कटकों से मिलकर बना, है तो वह पर्वतीय क्षेत्र अथवा एक पर्वत-समूह अथवा एक पर्वत-तन्त्र (mountain system) कहा जाएगा।

स्थूल रूप से विचार करने पर पर्वत मैदानों और पठारों के विपरीत होते हैं और द्वितीय क्रम के तीन स्थलाकृतिक प्रकारों में तीसरे स्थान पर आते हैं और इसी रूप में वे भूमिस्थल पर दिखाई पड़ते हैं।

ऊँचे पर्वत भूतल पर सामान्यतः सर्वाधिक प्रभावशाली और भयोत्पादक आकृतियाँ हैं। यह विशेषतः उन अवस्थाओं में सत्य है जहाँ पर्वत अपने पास-पड़ोस से आकस्मिक रूप से बहुत ऊँचे उठ जाते हैं। अनेक दशाओं में ये नीचे उष्ण मैदानों से अचानक इतने ऊँचे उठ गये हैं कि उनके शिखर हिम से निरन्तर ढके रहते हैं। जलवायु की ऐसी विपमता (contrast) इतने अधिक समीप में अन्यत्र नहीं मिलती।

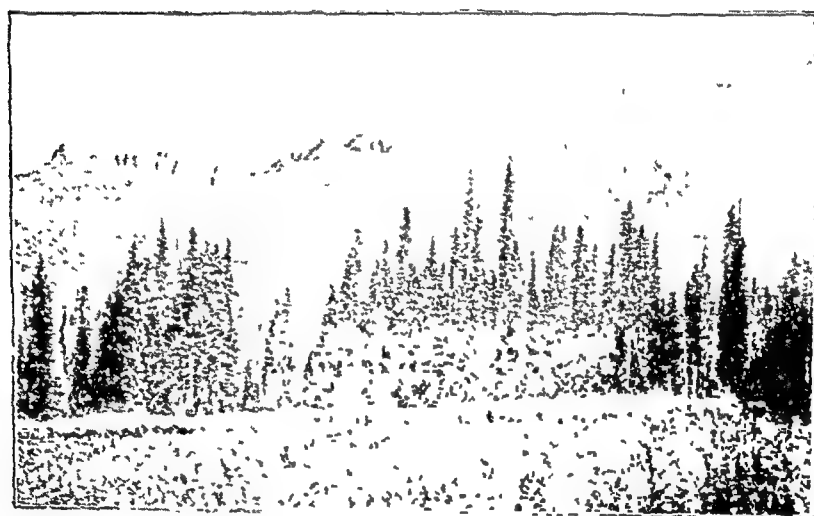


Fig 27

The Needle Mountains of Colorado An illustration of mountain topography. Taken from an elevation of about 10,700 feet or 3210 metres (U S Geological Survey)

पर्वतस्थल की तीसरी बड़ी स्थलाकृतिक आकृति (topographic feature) होते हैं। इस रूप में पर्वतों का वर्गीकरण करते हुए इस बात का ध्यान रखना आवश्यक है कि इस वर्ग में केवल बड़े पर्वत-समूह अथवा पर्वत-तन्त्र सम्मिलित हैं, जैसे—अपेलेशियन, राकी, सियरा, आल्प्स, काकेशस, हिमालय, एण्डीज तथा उनके समान ही विस्तृत और विशाल अन्य पर्वत। चूँकि 'पर्वत' शब्द का प्रयोग किसी भी

ऐसे स्थान अथवा श्रेणी के लिए होता है जिसमें खड़े दान हो और जो अपने पास-पड़ोस से इतनी अधिक ऊँची हो कि वह अत्यन्त स्पष्ट दिखाई दे और साथ ही साथ उमका जिवर-क्षेत्र इतना मकुचित हो कि उसे पठार न कहा जा सके, अतः निष्कर्ष यह निकलता है कि अनेक उच्च स्थान जो पर्वत कहलाते हैं, उम विणाल भूम्याकारीय (physiographic) प्रकार में नहीं आते हैं जो मैदानों और पठारों के व्यतिरेक (contrast) में हैं।

पर्वतों का ऐतिहासिक महत्त्व (Mountains in history)—
पर्वत मदा न्यूनाधिक मात्रा में अवरोधक (barriers—रोक डालने वाले) रहे हैं और इसी कारण उन्होंने इतिहास



Fig. 28

Mountain peaks near Lake Agnes,
Canadian Pacific Railway.
(Photograph by Churchill)



Fig. 29

Cascade Pass in the Cascade Mountains, Washington. An illustration of mountain topography (Willis, U. S. Geological Survey) में महत्त्वपूर्ण भाग लिया है। उन्होंने उदीयमान (nascent—नवजात) सभ्यताओं को आक्रमणों से मुरक्षित रखा है और वे अनेक राज्यों की राजनीतिक सीमाओं को

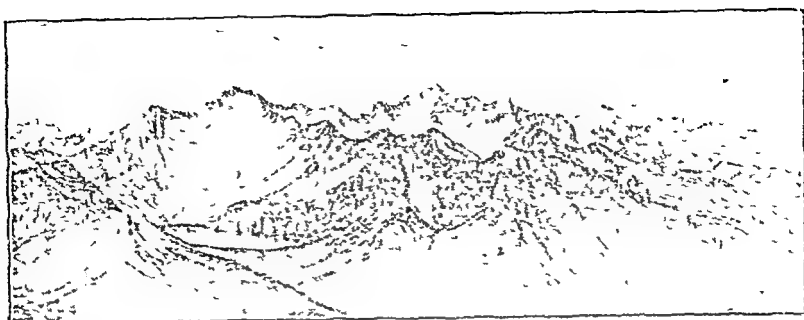


Fig 30
A portion of the Elk Mountains of Colorado
(Holmes, U. S. Geological Survey)

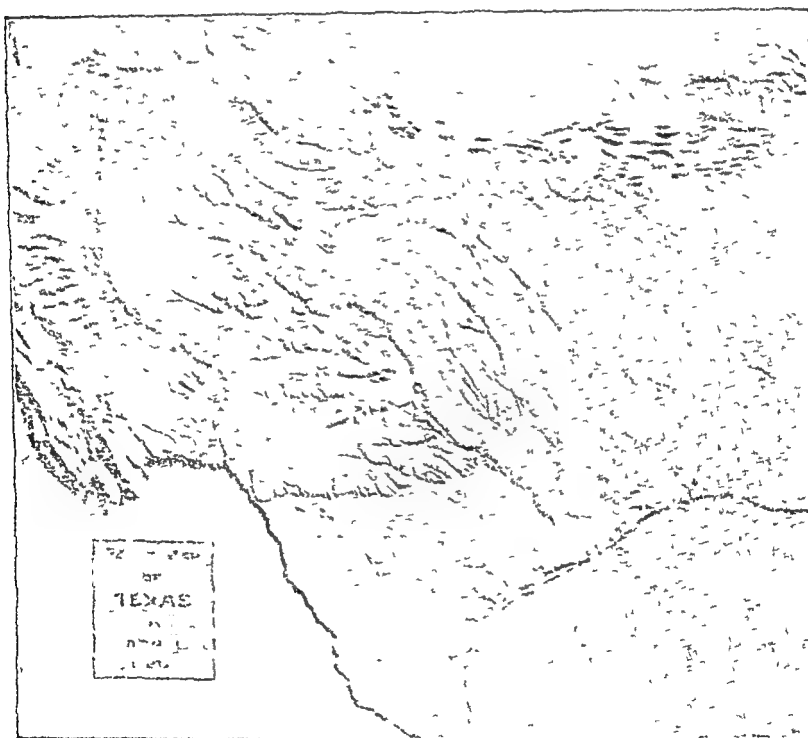


Fig 31

Photograph of relief-model of Texas and surroundings. The area near the coast is a part of the Coastal Plain. Inland this plain gives place to a plateau tract, while at the north and west mountains rise above the plateau level. The valleys are deep, and the relief is greater in the mountains than in the plateau, and in the plateau greater than in the plain. (Hill)

निर्धारित करते हैं। पश्चिमी और दक्षिण-पश्चिमी यूरोप के पर्वत इन भागों में अनेक छोटे-छोटे राज्यों की उत्पत्ति के प्रमुख कारण थे, किन्तु हम में ऐसा नहीं है (क्योंकि वहाँ पास-पास पर्वतश्रेणियों की अपेक्षा विस्तृत मैदान हैं)।

पहाड़ी उच्चस्थल प्रायः उन निर्वल जातियों के आश्रय-स्थल बने हैं जो अपने प्रवल शत्रुओं द्वारा अधिक अभीष्ट नीची भूमि में खदेड़ दिये गये थे। स्कॉटलैण्ड, वेल्स और भारत के कुछ भागों की सापेक्षतया दुर्गम उच्च भूमियों ने अधिक काल

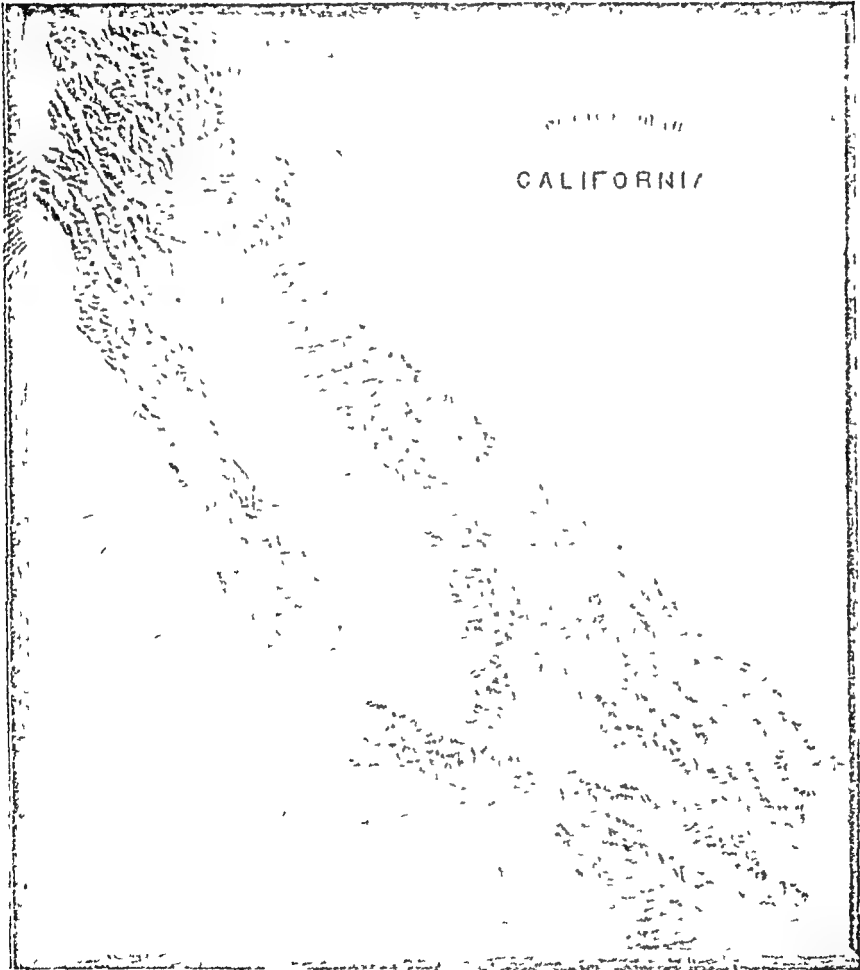


Fig 32

Topographic map of California The State is largely mountainous, but the central plain is conspicuous (*Model by Drake*)

तक वहाँ के निवासियों को अपनी स्वतन्त्रता बनाये रखने में सहायता पहुँचायी। अपेलेशियन पर्वतों ने अंग्रेजी उपनिवेशों को प्रायः डेढ़ सौ वर्षों तक महाद्वीप के पूर्वी तट तक ही सीमित रखा और विभिन्न प्रकार से उनके जीवन को प्रभावित किया।

तदन्तर ओहियो-घाटी-उपनिवेशों के अटलाण्टिक समुद्र-तट से प्रभावपूर्ण अलगाव (isolation) के कारण गम्भीर राजनीतिक खतरे उत्पन्न हो गये थे ।

अधिकांश पर्वतों पर मिट्टी और तापक्रम की मात्रा पर्याप्त कम होती है, अतः यह न्यूनता खेती करने में बाधक सिद्ध होती है और आवागमन की कठिनाइयाँ व्यापार तथा सामाजिक व्यवहारों को सीमित बनाने में सहायक हो जाती हैं । तदनुसार निर्धनता ही पर्वतीय लोगों के भाग्य में साधारणतः पायी जाती है । इस निर्धनता से केवल वे ही स्थान बच पाते हैं जहाँ खनिज पदार्थ निकालने और लकड़ी काटने के उद्योग मिलते हैं । मैदानों के प्रगतिशील जीवन से दूर पड़ जाने के कारण पर्वत-निवासी प्रायः रूढ़िवादी होते हैं । वे प्राचीन रूढ़ियों एवं व्यसनों को बनाये रखते हैं और नवीन परिवर्तनों का विरोध करते हैं । अमरीका के गृह-युद्ध में अपेलेजियन पर्वत का दक्षिणी राज्य-संघ (confederacy) असन्तुष्ट लोगों का गढ़ बन गया था और वहाँ से १,००,००० सैनिक उत्तरी राज्यों की सेना में भरती हुए थे ।

पर्वतों का सर्वाधिक उल्लेखनीय कार्य खनिज पदार्थ निकालना है । किन्तु अनेक पर्वत ऐसे हैं जहाँ व्यापारिक महत्त्व के धातुक (ores) अथवा खनिज पदार्थ नहीं मिलते, जबकि मैदानों और पठारों में अनेक धातुक और खनिज पदार्थ निकाले जाते हैं । यहाँ यह जानना आवश्यक है कि सभी खनिज पदार्थ धातुक नहीं होते । उदाहरण के लिए, संयुक्त राज्य के लोहे और कोयले का अधिकांश भाग अब मैदानों और पठारों से ही निकाला जाता है ।

उद्भव (Origin)—पर्वतों की उत्पत्ति अनेक प्रकार से हुई है । उनके निर्माण में उन चट्टानों की परतें, जिनसे अधिकांश पर्वतों का निर्माण हुआ है, कुछ दशाओं में अत्यधिक वलित और अति वलित (folded and crumpled) हो गयी । ३३ से लेकर ३७ तक के चित्र पर्वत-रचना के उन प्रकारों को स्पष्ट करते हैं जो उन विशाल श्रेणियों में सामान्यतया पाये जाते हैं । ये श्रेणियाँ द्वितीय क्रम (second order) की स्थलाकृतिक आकृतियों (topographic features) में गिनी जाती हैं ।

अधीनस्थ स्थलाकृतिक आकृतियाँ

(Subordinate Topographic Features)

यह पहले ही लिखा जा चुका है कि अनेक मैदानों और पठारों के तल कुछ न कुछ असमान हैं । पर्वत का तो नाम ही तल की विपमता का द्योतक है । अनेक परिस्थितियों में तल की इस विपमता की मात्रा किसी सीमा तक समुद्र-तल की ऊँचाई से घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित होती है । ऊँचाई के साथ ही साथ विपमता भी बढ़ती जाती है । यद्यपि केवल ऊँचाई ही तल की विपमता और समता निश्चित करने का एकमात्र कारण नहीं होगी, फिर भी तल की सामान्य विपमताएँ, जो मैदानों, पठारों और पहाड़ों को प्रभावित करती हैं, तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ हैं । इनमें से तल की कुछ विपमताएँ अपने पास-पड़ोस के सामान्य स्तर से ऊँचाई के रूप में और कुछ उससे नीचे गत के रूप में पायी जाती हैं । उदाहरणार्थ, मैदानों में कटक

(ridges) और पहाड़ियाँ (hills) सामान्य स्तर से ऊँची और घाटियाँ तथा किन्ही-किन्ही दशाओं में द्रोणियाँ (बहिर्मुख-रहित गर्त—depressions without outlets) उसमें नीचे होती हैं। सपाट मैदान भी विषम टुकड़ों में विभक्त हो सकते हैं। उच्च स्थानों (elevations) और गर्तों के किनारे ढाल (slopes) होते हैं और उनमें से



Fig. 33
Cross-section illustrating the structure of the Appalachian Mountains. (After Rogers)

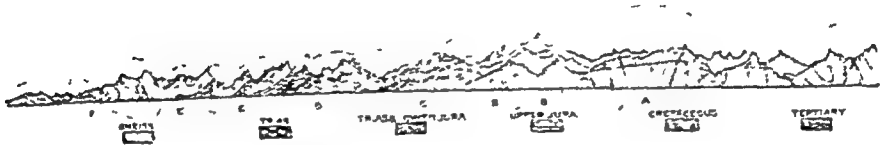


Fig. 34
Section of the Alps from Saint Gothard South. (After Helm)



Fig. 35
Cross-section of the Elk Mountain Range, Colo.
(Holmes, U. S. Geological Survey)

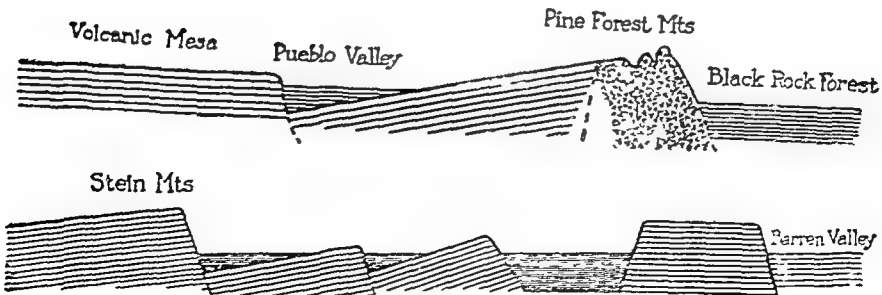


Fig 36 and 37
Faulted Mountain (Block Mountain) structure, Nevada.
(Russell, U. S. Geological Survey)

जो अधिक ढालू होते हैं, वे उत्प्रपात (cliffs—खड़ी चट्टान) कहलाते हैं। ये अधीनस्थ (subordinate) आकृतियाँ, जैसे कटक (ridges), पहाड़ियाँ (hills), घाटियाँ (valleys), द्रोणियाँ (basins) और सपाट (flats) आदि, पठारों और मैदानों दोनों ही को प्रभावित करती हैं। किन्तु साधारणतः पठारों की इसी रूप वाली आकृतियाँ मैदानों की आकृतियों की अपेक्षा अधिक स्पष्ट होती हैं। उनमें से कुछ तो इतनी स्पष्ट होती हैं कि उनके नाम भी भिन्न हो जाते हैं। इनमें से अनेक आकृतियाँ और भी अधिक मात्रा में पर्वतों को प्रभावित करती हैं, किन्तु इस दशा में अनेक ऊँचाइयाँ, चाहे वे अधिक अथवा कम मात्रा में पृथक् ही क्यों न हों, केवल कटक (ridges) अथवा पहाड़ियाँ (hills) न होकर पर्वतीय आकार की होती हैं और उनके भिन्न-भिन्न नाम होते हैं। इसीलिए जिस प्रकार से इन शब्दों का प्रयोग आधुनिक समय में किया जाता है उसके आधार पर शब्दों के माध्यम से द्वितीय क्रम की स्थलाकृति वाले पर्वतों और निम्न क्रम (lower order) की स्थलाकृति वाले पर्वतों में अन्तर को व्यक्त कर सकना कठिन है, यद्यपि उनमें यह अन्तर नितान्त स्पष्ट होता है। इस प्रकार से अपेलेशियन पर्वत द्वितीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ हैं किन्तु उस पर्वत-शृङ्खला की कोई भी सामान्य कटक (ridge) अथवा शृंग (peak) पर्वत के रूप में होने पर भी तृतीय क्रम की आकृति है और उसकी तुलना मैदानों और पठारों की पहाड़ियों एवं स्कन्धागिरि (buttes) से की जानी चाहिए।



Fig 38

Sketch of Abert Lake Ore. The lake basin is the result of faulting
Compare Fig 37 (Russell, U. S. Geological Survey)

मैदानों अथवा पहाड़ों के तल में पाये जाने वाले गर्त (depressions) विभिन्न आकारों (sizes), स्वरूपों (shapes) और उद्भवों (origins) के हैं और इनका अध्ययन हम आगे चलकर करेंगे। इसी प्रकार, मैदानों और पठारों की पहाड़ियाँ (hills) और कटक (ridges) एवं पर्वतीय प्रदेशों की बड़ी पर्वताकार पहाड़ियाँ विभिन्न आकारों, स्वरूपों और उद्भवों की हैं तथा उनका इतिहास उस

निम्न भूमि के इतिहास के साथ, जिसके वे अंग हैं, घनिष्ठ रूप में जुड़ा हुआ है। ढालों का विकास भी अधिकतर उन्हीं माधनों में हुआ है जिनसे कि उच्च स्थलों और गतों का विकास हुआ है। तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियों (topographic features) का उद्भव सामान्य रूप में भलीभाँति समझ में आ जाता है क्योंकि जिन प्रक्रमों (processes) द्वारा उनका विकास हुआ है वे अब भी कार्य कर रहे हैं और उनके अतीत काल के परिणामों के विषय में विज्ञानपूर्वक अनुमान किया जा सकता है। इन प्रक्रमों (processes) का अध्ययन हम कुछ विस्तार में करेंगे।

भू-पृष्ठ और सागर अवःस्तल (Land surface and ocean bottom)—यदि सागर-द्रोणों (ocean basins) में जल हटा दिया जाए तो महासागर का नितल (ocean bed) स्थल के तल की अपेक्षा बहुत कम विषम (uneven—ऊबड़-खाबड़) जान होगा। यद्यपि स्थल की अपेक्षा सागर की सामूहिक उद्भृति (aggregate relief) कुछ अधिक है (पृष्ठ ६), फिर भी बहुत बड़े भाग प्रायः समतल हैं, और सामान्य विषमताएँ जैसे पहाड़ियाँ और घाटियाँ तथा उनमें सम्बन्धित ढाल, जो स्थल भाग में प्रचुर मात्रा में पायी जाती हैं, सागर-तल में बहुत कम पायी जाती हैं और वास्तव में सागर-तल के अधिकांश भाग में उनका सर्वथा अभाव ही है।

स्थल और सागर के तल में यह अन्तर क्यों है? यहाँ इस विषय में अधिक से अधिक यह कहा जा सकता है कि वायुमण्डल तथा बहता हुआ जल, दोनों ही, निरन्तर गतिमान रहते हैं और सदैव ही स्थल के तल के सम्पर्क में आते रहते हैं। इसके विपरीत, वायुमण्डल सागर-तल में पूर्णतः दूर रहता है तथा जल जो सागरों में भरा है, केवल उस भाग को छोड़कर जहाँ जल बहुत उथला है, प्रायः गतिहीन है। परिणामस्वरूप, यह स्पष्ट है कि स्थल और सागर-तलों की स्थलाकृति (topography) के अन्तर विशेष रूप से एक परिस्थिति में वायु एवं बहते हुए जल के सम्पर्क तथा दूसरी में गतिहीन जल के सम्पर्क के ही कारण है।

सामान्य स्थलाकृतिक आकृतियों का विकास (The Development of Minor Topographic Features)

चूँकि मैदानों, पठारों और पर्वतों की सामान्य एवं साधारण स्थलाकृतिक आकृतियों का विकास समान विधियों से ही हुआ है, अतः उनके उद्भव और इतिहास पर इनमें से किसी भी एक बड़े भौम्याकृतिक (physiographic) विभाग (the three great orders—तीन बड़े क्रमों) में सम्बन्ध किये बिना ही स्वतन्त्र रूप से विचार किया जा सकता है। तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियों के इतिहास की कुजी उन परिवर्तनों में मिलती है जो स्थल-तल पर अब भी हो रहे हैं अथवा ऐसे समय में हुए हैं कि उनके विवरण आज भी मुस्पष्ट हैं।

स्थल पर हो रहे परिवर्तन (Changes taking place on land)—स्थल पर कुछ परिवर्तन सदैव ही होते रहते हैं। उनमें से कुछ वायुमण्डल, कुछ जल, कुछ हिम और कुछ पृथ्वी पर के जीवों (life of the earth) द्वारा उत्पन्न होते हैं। प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से ये शक्तियाँ ही सागर-तल पर भी कतिपय परिवर्तन

उत्पन्न करती है, किन्तु ये परिवर्तन कम महत्त्वपूर्ण होते हैं, और स्थलाकृति पर अपना सर्वथा भिन्न प्रभाव उत्पन्न करते हैं।

(१) वायु प्रायः सदैव ही गतिमान रहती है और जब कभी वायु ऐसे तल पर चलती है जहाँ धूल हो तो कुछ धूल वायु द्वारा उठाकर अन्य स्थानों पर पहुँचा दी जाती है। बालू भी, जिसके कण धूल की अपेक्षा अधिक बड़े होते हैं, इसी प्रकार से स्थानान्तरित होती रहती है। अतः पवन (wind) उन शक्तियों में से एक है जो स्थल-तल को परिवर्तित कर रही है। पवने वायुमण्डल की नमी के वितरण में भी सहायक होती है और इस प्रकार वर्षा और हिम की मात्रा तथा वितरण को प्रभावित करती है। यद्यपि पवने सागर के नितल (bottom) पर नहीं बहती है, किन्तु इनके द्वारा स्थल से उड़ायी हुई धूल और बालू सागर में डाल दी जाती है और वे नीचे डूब जाती है। पवने लहरो को भी उत्पन्न करती हैं जो समुद्री तटों से जाकर टकराती हैं, किन्तु जहाँ जल उथला होता है वहाँ पर समुद्र के निचले तल को भी प्रभावित करती है। यद्यपि वायु का प्रभाव सागरो पर, स्थल पर पड़ने वाले प्रभावों की तुलना में, कम अवश्य होता है तथापि ऐसा नहीं कहा जा सकता कि पवने सागरीय तलों को प्रभावित ही नहीं करती।

(२) स्थल और सागर दोनों ही पर वर्षा और हिम पड़ती है। स्थल पर जो वर्षा होती है वह विभिन्न प्रकार से विलीन हो जाती है, किन्तु इसका एक भाग तल पर बहता रहता है। जब स्थल की हिम पिघलती है तो कुछ जल इसी मार्ग को अपनाता है। स्थल पर नदियों के रूप में बहता हुआ जल स्थल-तल को परिवर्तित करने वाला अकेला ही सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण कारक (agent) है। नदियाँ स्थल से सागर में बहुत-सा तलछट (sediment) ले आती हैं और इस निक्षेपण (deposition) का प्रभाव सागर-तल पर पड़ता है। यह प्रभाव विशेष रूप से स्थल के निकट वाले तल पर अधिक पड़ता है।

वर्षा और हिम का जल, जो स्थल-तल के नीचे प्रवेश कर जाता है, खनिज पदार्थों को घुला लेता है। यही जल स्रोतों और कुओं के जल के रूप में दिखाई पड़ता है। स्थल-तल के नीचे खनिज पदार्थों का यह घोल (solution—विलयन), और फिर जल द्वारा स्थल-तल के ऊपर उनका स्थानान्तरण, और इसके बाद वहाँ से नदियों के द्वारा उनका समुद्र में पहुँचाया जाना, ऐसी क्रियाएँ हैं जो भूपृष्ठ को नीचा करने में सहायता करती हैं।

यद्यपि भूतल पर पड़ने वाला जल अप्रत्यक्ष रूप से सागर-तल को प्रभावित करता है, किन्तु जो जल स्वयं सागरो पर पड़ता है उसका सागर-तल पर किंचित भी प्रभाव नहीं पड़ता है। अतः अवक्षेपण (precipitation) चाहे वर्षा के रूप में हो अथवा हिम के, स्पष्ट रूप से स्थल-तल को प्रभावित करता है, किन्तु सागर-तल पर उनका प्रभाव नगण्य होता है। इस प्रभाव से केवल वे ही स्थान अच्छे रह जाते हैं जो तटों के समीप हैं और जहाँ पर स्थल से प्राप्त तलछट का अधिक अंश जमा हो जाता है।

(३) हिम की बड़ी जिलाएँ जिन्हें हिम नदी (glacier) कहते हैं, कुछ स्थानों पर स्थल-तल पर मन्द गति से आगे बढ़ती हैं। ऐसा विशेष रूप से ऊँचे पर्वतों एवं ऊँचे अक्षांशों (high latitudes) में होता है। हिम नदियाँ (ग्लेशियर) जो स्थायी हिम-क्षेत्रों में उत्पन्न होती हैं, अपने तल में उल्लेखनीय परिवर्तन कर देती हैं। उनमें से कुछ समुद्र के भीतर कुछ दूरी तक बढ़ जाती हैं, किन्तु वे गहरे जल तक कभी नहीं पहुँचती। वे अधिक से अधिक स्थल-मच के निमग्न किनारों को ही प्रभावित करती हैं।

पर्वतों, नदियों और हिम नदियों सभी स्थल-तल की विपमता को बढ़ाती रहती हैं। चूँकि ये कारक समुद्र के नितल में कार्यशील नहीं हैं, अतः हम कह सकते हैं कि स्थल और सागर-नितल की स्थलाकृतियों के अन्तरो को विकसित करने में इन कारकों (शक्तियों) का विशेष हाथ रहा है।

(४) स्थल भाग में स्थित अनेक झीलें और समुद्र की लहरें अपने तटों की स्थिति और सीमाओं में निरन्तर परिवर्तन करती रहती हैं। इस प्रकार किये गये परिवर्तन अल्पकाल की दृष्टि से नगण्य हैं, किन्तु वे पृथ्वी के दीर्घकालीन इतिहास की अवधि में बहुत महान हो गये हैं। वे स्थल की उद्भूति (relief) की अपेक्षा उसकी रूपरेखा को परिवर्तित करती हैं, किन्तु साथ ही वे तट के समीप समुद्र अथवा झीलों के नितल की उद्भूति को भी महत्वपूर्ण रूप में परिवर्तित कर देती हैं।

पर्वत, नदियाँ, हिम-नदियाँ और लहरें 'श्रेणीकरण के कारक' (agents of gradation) हैं। वे कुछ स्थानों पर तो तल को नीचा बना देते हैं और कुछ पर ऊँचा उठा देते हैं। सामान्य रूप से वे स्थल को ऊँचा उठाने की अपेक्षा उसे नीचा अधिक बनाते हैं क्योंकि उनके द्वारा विस्थापित (moved—हटाया हुआ) पदार्थ का अधिकांश समुद्र-तल में पहुँचकर आश्रय पाता है। इसके विपरीत वे सागर-नितल को नीचा करने की अपेक्षा उसे ऊँचा अधिक बनाते हैं। जहाँ जल बहुत उथला होता है, वही पर लहरें प्रभावपूर्ण रूप में सागर-नितल को नीचा बनाती हैं।

(५) तल में एक अन्य परिवर्तन-क्रम जीवन के माध्यम द्वारा भी होता रहता है। उदाहरण के लिए, मनुष्य ऊँचाइयों को समतल बनाता है और गर्तों को ऊँचा उठाता है, जैसे रेलमार्गों के निर्माण में। वह नदियों के आर-पार बाँध बनाता है और नदियों के कुछ भाग को तालाब का रूप देता है अथवा झीलों के निष्क्रमों (outlets) पर बाँध बनाकर उनके तल को ऊँचा उठा देता है। वह नदियों के किनारों को ऊँचा उठा देता है और उन्हें बदल देता है और इस प्रकार नदियों के स्वाभाविक मार्गों और उनकी स्वाभाविक क्रियाओं में परिवर्तन ला देता है। वह दलदलों और झीलों का जल निकाल देता है और सर्वाधिक महत्वपूर्ण यह है कि मनुष्य भूमि को साफ करके (वनों को नष्ट करके) उसे जोतता है और ऐसा करते समय वह मूल वनस्पति (native vegetation) को नष्ट कर देता है और मिट्टी को हिला देता है, और इस प्रकार पवन और प्रवाहित जल की अधिक प्रभावशाली क्रियाओं के लिए मार्ग प्रणस्त करता है। मनुष्य का प्रभाव सागर-नितल पर न के बराबर है।

वनस्पति और जीव, स्थल तथा सागर-नितल दोनों ही को प्रभावित करते हैं। किसी प्रकार के जीवों (organisms) के द्वारा किये हुए वे निक्षेप (deposit) जो विघेपतया वनस्पतियों के कारण होते हैं, दलदलो और स्थल की उथली झीलों में कुछ अधिक व्यापक हैं, किन्तु वे निक्षेप सामान्यतया उन निक्षेपों की तुलना में अत्यन्त नगण्य हैं जो विघेपत उथले जल वाले सागरों के नितल में, समुद्री जीवों की खोलों (shells), हड्डियों के ढाँचों (skeletons) और अन्य ठोस पदार्थों द्वारा बन जाते हैं। जीवधारी (organic agents—चेतन पदार्थ) कुछ अर्थों में तल के क्रम (grade) को उत्पन्न करने वाले साधन होते हैं। वे मुख्यतः तल को केवल ऊँचा ही करते हैं, और वे अचेतन (inorganic) श्रेणीकरण-कारकों (gradational agents) से भिन्न कोटि के अन्तर्गत आते हैं।

जीवों के विभिन्न प्रकार तल पर एक रक्षक (protective) प्रभाव रखते हैं। ऐसा स्थलीय वनस्पति के विषय में विशेष रूप से सत्य है। वनों तथा घास के मैदानों की वनस्पति भी पवन एवं बहते हुए जल की अपक्षरण क्रियाओं (erosive works—क्षय-कार्य) को पर्याप्त मात्रा में सीमित कर देती है, और इस प्रकार यह घिसाव (degradation) की उस गति को मन्द कर देती है जो इसके अभाव में होती रहती।

(६) ज्वालामुखी भी स्थल-तल और सागर-नितल दोनों ही को प्रभावित करता है। प्रायः समान रूप से अनेक ज्वालामुखियों में शंकु (cones) बन जाते हैं जो पर्वतों की ऊँचाई ग्रहण कर लेते हैं, किन्तु इस प्रकार जिन पर्वतों का निर्माण होता है वे द्वितीय क्रम की अपेक्षा तृतीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ हैं। ज्वालामुखीय क्रियाओं के विशाल प्रक्रम (processes of vulcanism)—अधिक गहराइयों से द्रव पदार्थों का तल तक अथवा तल की ओर की प्रवाह—स्थल-तल तथा सागर-नितल को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करते हैं जिनका वर्णन बाद में किया जाएगा।

(७) यह सर्वविदित है कि स्थलमण्डल का तल कुछ स्थानों पर ऊपर उठता हुआ और कुछ पर नीचे दबता हुआ ज्ञात होता है। ऐसा अतीत काल में भी होता रहा है क्योंकि तलछट (वालू, मिट्टी आदि) की सतहें जिनमें समुद्री शक्ति (sea shell आदि मिलती है, और इस प्रकार सतहें जो कभी समुद्र के नीचे थी, अब समुद्र-तल के ऊपर के स्तरों में मिलती हैं, और कुछ वे क्षेत्र जो कभी स्थल भाग थे, अब समुद्र-तल से नीचे मिलते हैं। भू-पृष्ठ की हलचलें सम्भवतः कुछ सीमा तक प्रथम क्रम की आकृतियों जैसे सागर-द्रोणों (ocean basins) और स्थल-मंचों (continental platforms) और द्वितीय क्रम की स्थलाकृतिक आकृतियों (topographic features) जैसे मैदानों, पठारों और पर्वतों के निर्माण के लिए उत्तरदायी हैं। सभी प्रकार की भू-पृष्ठीय हलचलें, उनका रूप चाहे कैसा ही क्यों न हो, पटल-विरूपण (diastrophism) के सामूहिक नाम से पुकारी जाती हैं।

श्रेणीकरण (gradation), ज्वालामुखीकरण (vulcanism), और पटल-निरूपण की क्रियाओं का क्रमबद्ध वर्णन किया जाएगा, किन्तु श्रेणीकरण का अध्ययन आरम्भ करने से पूर्व उन पदार्थों का मिहावलोकन आवश्यक है जिन पर श्रेणीकरण के कारक प्रभाव डालते हैं।

स्थल के पदार्थ

(The Materials of the Land)

अधिकांश स्थल वनस्पति से ढका हुआ है। कुछ स्थानों पर यह वनस्पति इतनी घनी है कि तल पर एक मोटी चटाई का रूप ग्रहण करती है, और कहीं यह अत्यन्त कम है अथवा पूर्णरूप से इसका अभाव है। तल के उन भागों से हम अधिक परिचित हैं जो वनस्पति से भली प्रकार आच्छादित हैं, किन्तु बालू में भरे अनेक प्रदेश ऐसे हैं जहाँ बहुत कम अथवा शून्य वनस्पति मिलती है। इनके अनिश्चित अनेक उत्प्रपात (cliffs—खड़ी चट्टानें) हैं, जिनकी शिलाएँ वनस्पति-रहित हैं और उन पर कहीं-कहीं केवल काई अथवा लिचन के ही खण्ड मिलते हैं। ध्रुवीय प्रदेशों और ऊँचे पर्वतों पर भी अधिकांश भूमि हिम की मोटी परतों से ही ढकी है और उस पर ऐसी कोई भी वनस्पति नहीं पायी जाती जिसका हमें ज्ञान हो।

आवरण-शैल (Mantle Rock)—अधिकांश प्रदेशों में वनस्पति के नीचे भिन्न-भिन्न पदार्थों की परतें मिलती हैं, जो मृत्तिका (clay), दोमट (loam), बालू, वजरी (gravel) आदि की बनी हैं और जो विभिन्न मोटाइयों की हैं। मृत्तिकामय पदार्थों की यह परत मोटाई में केवल कुछ सेंटीमीटर हो सकती है, अथवा सैंकड़ों मीटर गहरी भी हो सकती है। यह असंगठित (loose—ढीला) पदार्थ 'आवरण-शैल' कहा जाता है क्योंकि यह नीचे की ठोस शैलों को आच्छादित करके छिपा देता है। यह अन्य नामों से भी पुकारा जाता है जिनमें शैल-मलबा (rock waste) और मृदावरण (regolith—आवरण प्रस्तर) मुख्य हैं।

आवरण-शैल का सबसे ऊपरी भाग सामान्यतया मिट्टी कहा जाता है। मिट्टी का रंग काला, धूसर, भूरा अथवा हलका लाल और पीला भी होना है। मिट्टी या तो चिकनी और गठीली (compact) अथवा बलुआ और सरन्ध्र (porous) होती है। अधिकांश दशाओं में मिट्टी खनिज अथवा शैल के छोटे-छोटे कणों द्वारा निर्मित होती है। यदि किसी सामान्य प्रकार के शैल के एक टुकड़े को किसी ओखली में पीसकर चूर्ण कर दिया जाय तो यह चूर्ण मिट्टी से कुछ-कुछ मिलता-जुलता होगा। सामान्यतया हम शैलों की उन किस्मों को पहचान नहीं सकते, जिनसे मिट्टी में खनिज के कण व्याप्त हुए क्योंकि अधिकांश कण अत्यन्त छोटे हैं। खनिज पदार्थ के अनिश्चित मिट्टी में न्यूनाधिक अंशों में अपक्षीण (decayed—क्षयी) वनस्पति पदार्थ भी सम्मिलित हैं। अधिकांश मिट्टी में जड़ों के टुकड़े देखे जा सकते हैं। कभी-कभी तो मिट्टी में सड़ी-गली पत्तियों के टुकड़े भी मिलते हैं। खनिज और जीवज (organic—जैव) दोनों ही पदार्थ अच्छी मिट्टी के आवश्यक अंग होते हैं, किन्तु

उनके अनुपात विस्तृत रूप में भिन्न मिलते हैं। मिट्टी में खनिज पदार्थ साधारणतः जीवज से कहीं अधिक मात्रा में होता है, किन्तु स्थानीय रूप में, जैसे शैवालपक (bogs) और दलदलो (marshes) में, जिनको सुखा दिया गया है, चेतन पदार्थ अधिक मात्रा में होता है। आवरण-शैल का वह भाग जो यथार्थ रूप में मिट्टी कहलाता है, मोटाई में कुछ सेण्टीमीटरों से लेकर कुछ मीटरों तक के विस्तार में होता है।

आबादी का वितरण और उसकी समृद्धि प्रायः मिट्टी की उर्वरता से घनिष्ठ रूप में सम्बन्धित है। ओहियो की घाटी में (Ohio Basin) 'नीली घास' (blue grass) का केटुकी (Kentucky) प्रदेश का उपजाऊ मैदान ही वह प्रथम विस्तृत क्षेत्र था जहाँ उपनिवेश स्थापित हुए। इसके निवासी सदैव ही उन्नतिशील और सम्पन्न रहे हैं। इससे पूर्व की ओर की कुछ पर्वतीय भूमि कम आबादी द्वारा वाद में धीरे-धीरे आबाद हुई, और उसके निवासी कम उपजाऊ भूमि के कारण सदैव आर्थिक एवं बौद्धिक निर्धनता के शिकार रहेगे। तटीय मैदान के कपास तथा तम्बाकू के क्षेत्र, एक ऐसी जलवायु में जो इन फसलों के लिए अनुकूल है, कुछ अंश तक दास-प्रथा के लिए उत्तरदायी थे।

जहाँ पर आवरण-शैल मिट्टी से अधिक मोटी होती है, वहाँ पर मिट्टी कुछ भिन्न रचना के मृत्तिकामय पदार्थ (earthy matter—मटियाले पदार्थ) में बदल जाती है, जिसको अधोभूमि (subsoil—निचली मिट्टी) कहते हैं। दोनों के मध्य में साधारणतया कोई स्पष्ट विलगाव नहीं है, किन्तु नियमित रूप से अधोभूमि मिट्टी से अधिक गठीली होती है और उसका रंग भी प्रायः भिन्न होता है। मिट्टी के समान, अधोभूमि में भी खनिज और चेतन दोनों ही पदार्थ होते हैं, यद्यपि मिट्टी की तुलना में चेतन का अंश कम होता है। केवल बड़े वृक्षों की बड़ी जड़ें ही अधिक सख्या में अधोभूमि में प्रवेश कर पाती हैं। अधोभूमि की मोटाई अधिकांश स्थानों में मिट्टी की मोटाई से बहुत अधिक होती है, किन्तु इसके विपरीत कुछ स्थानों में इसका सर्वथा अभाव होता है।

शैल (Rock)—अधोभूमि के नीचे शैल है। जब कोई भूवैज्ञानिक (geologist) शैल (चट्टान) का वर्णन करता है, तो यह आवश्यक नहीं कि उसका अभिप्राय ठोस शैल से ही हो, क्योंकि बालू, बजरी, मृत्तिका आदि अधिक मात्रा और उचित अनुपातों में, इस पद में सम्मिलित कर लिये गये हैं। अधोभूमि स्वयं एक प्रकार की शैल है। किन्तु जैसा सामान्य प्रयोग में आता है उसके अनुसार शैल पद का अर्थ ठोस शैल है, और आवरण-शैल के नीचे, पृथ्वी का अधिकांश भाग निम्नतम सुगम गहराइयों तक और उसके बहुत दूर तक नीचे ठोस शैल से निर्मित है। यह सम्भव है कि पृथ्वी का पिण्ड आन्तरिक भाग (core) तक ठोस ही हो।

अनेक स्थानों में आवरण शैल इस प्रकार ठोस शैल में बदल जाता है कि यह स्पष्ट हो जाता है कि आवरण शैल ठोस शैल के अपक्षय (decay) के द्वारा बना है

(चित्र ३६) । इसी कारण आवरण-शैल का अधिक उपयुक्त नाम शैल-मलवा ठीक जान पड़ता है । इस प्रकार का आवरण-शैल स्थानीय है । यह नीचे की शैल में

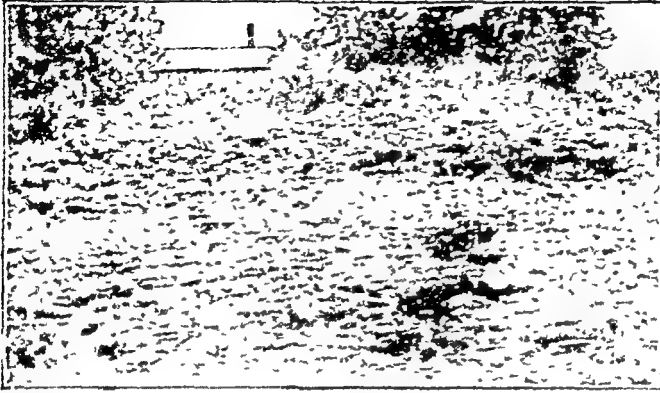


Fig 39

Soil grading down into rock Sandstone, south central Wisconsin. (MacNeille)

लिये गये पदार्थों द्वारा बनी है । अन्य स्थानों में अधोभूमि और उसके नीचे की ठोस शैल में विलगाव का तल स्पष्ट रहता है और उसमें श्रेणीकरण (gradation) का आभास नहीं मिलता (चित्र ४०) । इन परिस्थितियों में अनेक स्थानों पर आवरण-

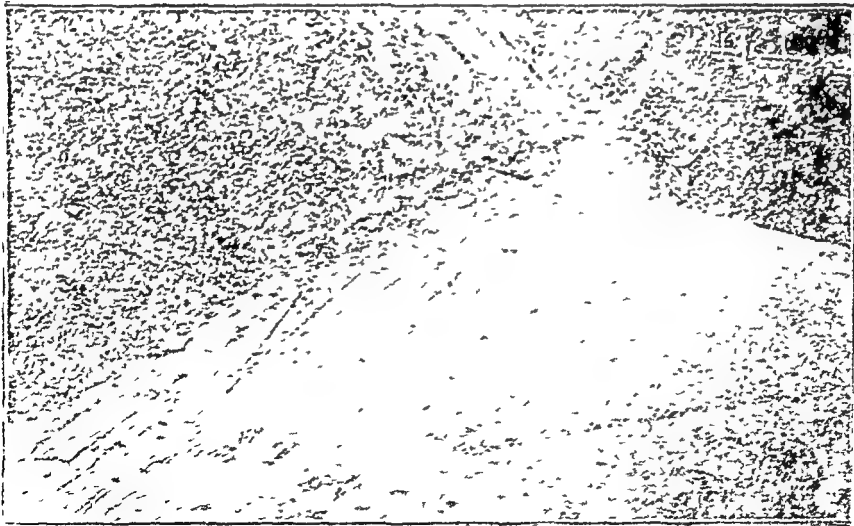


Fig 40

Section showing loose material (glacial drift) on solid rock. Des Moines County, Ia. (Ia. Geological Survey)

शैल में ऐसे पदार्थ मिलते हैं जो नीचे की शैल से नहीं लिये जा सकते हैं । वे किसी अन्य स्रोत से अपनी वर्तमान स्थिति में परिवहित (transported) हुए हैं ।

ठोस शैल के वर्ग (Classes of solid rock)—पृथ्वी की ठोस शैल कई प्रकार की है। वे रंग, शक्ति, गठन, वनावट, उद्भव आदि में एक दूसरे से भिन्न हैं, किन्तु साधारण शैल तीन बड़े वर्गों में वर्गीकृत की जा सकती है, जैसे—तलछटी शैल (Sedimentary rocks—परतदार चट्टान, स्तरीय चट्टान), आग्नेय शैल (Igneous Rocks), कायान्तरित शैल (Metamorphic rocks—रूपान्तरित चट्टान, परिवर्तित चट्टान)।

(१) तलछटी शैल (Sedimentary rocks)—ये शैल नदियों, झीलों और समुद्रों में अवनिक्षिप्त (deposited—जमा) हो रहे कीचड़, बालू और बजरी के समान ही कभी तलछट (sediments) के रूप में थी। वे सामान्यतया परतों अथवा तलों में क्रमबद्ध हैं, जिनकी मोटाई कुछ सेण्टीमीटरों से लेकर कई मीटरों तक विभिन्न

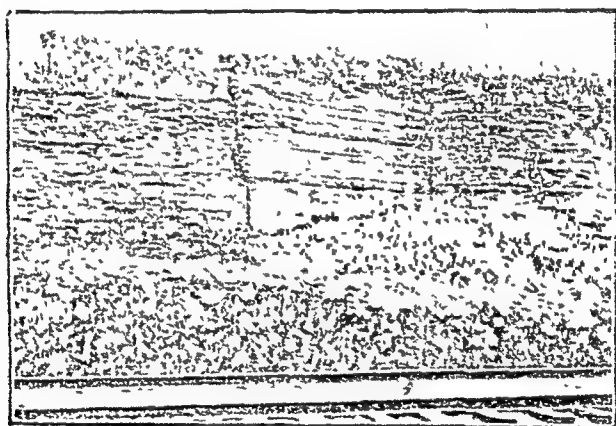


Fig 41

Stratified rock Trenton Limestone, Fort Snelling,
Minn (Calvin)

हो सकती है। इस रचना के कारण उन्हें स्तरीय शैल (stratified rocks—परतदार चट्टान) कहते हैं। अनेक स्थानों में परतें अथवा स्तर अनुप्रस्थ (horizontal—अतिज) होती हैं (चित्र ४१), किन्तु अन्य स्थानों पर वे नत (tilted—झुकी हुई) अथवा विभिन्न कोणों में झुकी हुई होती हैं। स्तरीय शैल के सामान्य रूपों में सम्पीडिताश्म (conglomerate), बालुकाश्म (sand stone—बलुआ पत्थर) और शैल (shale—स्लेटी पत्थर) होते हैं। सम्पीडिताश्म बजरी है जिसकी मिट्टी और पत्थर एक दूसरे से जुड़ गये हैं। इसी प्रकार बालुकाश्म बालू है जिसके कण सशिलिप्त (cemented together) हो गये हैं, और शैल कीचड़ है जिसके कण इतने सुसह्य (compacted—जुड़े हुए) अथवा सशिलिप्त हैं कि वे एक ठोस पृष्ठ में संयुक्त होते हैं। विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थ तलछटी शैल को जोड़ने के लिए सीमेण्ट का कार्य करते हैं। साधारणतया सीमेण्ट का कार्य करने वाला पदार्थ तलछट

के कणों अथवा टुकड़ों में उम जल द्वारा जमा हो जाता है जिसमें तलछट घोल के रूप में होता है, और जो कभी तलछट के ऊपर रहता है या उसको भरे हुए रहता है अथवा उमके मध्य से गुजरता है। वजरी के पत्थर, बालू के दाने (कण) और कीचड़ के छोटे टुकड़े, ये सभी किसी प्राचीनतर शैल से उत्पन्न हुए थे, जो किसी प्रकार टूटकर टुकड़ों में विभक्त हो गये। अतः शैल की एक पीढ़ी का विनाश दूसरी और उसके बाद आने वाली अगली पीढ़ी के लिए सामग्री प्रदान करता है।

चूनापत्थर स्तरीय शैल का एक अन्य साधारण रूप है, किन्तु इस दशा में वह खनिज पदार्थ जो शैल को निर्मित करता है, मुख्यतः समुद्र में रहने वाले जीवों की खोलों अथवा उनके शरीरों के अन्य कड़े भागों से प्राप्त हुआ है। प्राचीन शैल के टूटने से प्रत्यक्ष रूप में प्राप्त होने वाली गिट्टी, बालूकण अथवा कीचड़ के टुकड़ों से चूनापत्थर नहीं बना है। किन्तु चूनापत्थर के तत्त्व भी प्राचीन शैल से इस प्रकार प्राप्त हुए कि वे घोल के रूप में जल में घुलकर समुद्र में पहुँच गये।

वजरी, बालू, कीचड़, खोल आदि की बड़ी परतें सागर, झीलों आदि में बनती रहती हैं। अतः हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि मम्पीडिताश्म, बालुकाश्म, शैल और चूनापत्थर आरम्भ में वजरी, बालू, कीचड़, खोल आदि की तहें थीं जो उपर्युक्त परिस्थितियों में एकत्र हो गयी थीं। चूँकि ये पदार्थ, जैसे वे अवनिक्षिप्त हैं, प्रायः अनुप्रस्थ स्तरों में क्रमबद्ध हैं। अतः यह अनुमान किया जाता है कि तलछटी शैल की परतों की मूल स्थिति प्रायः अनुप्रस्थ स्थिति ही थी।

अन्य वर्ग की शैलों की अपेक्षा आवरण-शैल के नीचे स्तरीय शैल अधिक व्याप्त है। वे अति उच्च पर्वतीय प्रदेशों में भी पायी जाती हैं जहाँ कि स्तर अत्यन्त जटिल रूप में झुके हुए और वलित (folded) हैं। इन उच्च स्थानों में भी अनेक स्तरीय शैलों में उन जीवों की खोलें अथवा अन्य चिह्न मिलते हैं जो कभी समुद्र में रहते थे।

इन तथ्यों में निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं—(१) मूल की अनेक शैलों की रचनाओं में प्रयुक्त पदार्थ समुद्र के नीचे पड़े हुए थे, और (२) ये निक्षेप (जैसे हुए पदार्थ) एक दूसरे से मिलकर एक हो गये हैं। उनमें से अनेक अपनी मूल स्थिति में झुक गये हैं और उनमें से कुछ अपनी रचना के समय की अपेक्षा बहुत ऊँचे उठ गये हैं। इस प्रकार की शैल भू-इतिहास के अभिलेखों (records) के अंग हैं और भूतल के अत्यन्त उल्लेखनीय परिवर्तनों की ओर संकेत करती हैं।

(२) आग्नेय शैल (Igneous rocks)—अज्ञात गहगाड़ियों से ज्वालामुखी पर्वतों द्वारा गरम और तरल शैल प्रायः धरातल पर आती हैं। यह तरल शैल लावा कहलाती है। पृथ्वी के भीतर से जो लावा उठता है उसका कुछ भाग तल तक पहुँचने में पहले ही रुक जाता है और जहाँ रुकता है वही ठण्डा हो जाता है और ठोस शैल बन जाता है। वे सभी प्रकार की शैलें जो लावा के जमने से बनती हैं, आग्नेय शैल कहलाती हैं। सामान्यतया वे स्पष्ट तलों अथवा परतों में नहीं हैं। अतः

उनको अस्तरीय अथवा स्थूल कहा जाता है (चित्र ४२)। ग्रेनाइट एक प्रकार की आग्नेय शैल है।

जब आग्नेय शैल का अपक्षय होता है, जैसा कि सभी आग्नेय शैलों का होता है तो अपक्षीण (decayed) कण तल से पवन द्वारा उड़ा लिये जाते हैं अथवा जल द्वारा घुल जाते हैं, और उचित परिस्थितियों में तलछट के रूप में जमा हो सकते हैं। अतः आग्नेय शैलों में तलछटी शैल का उद्भव हो सकता है।

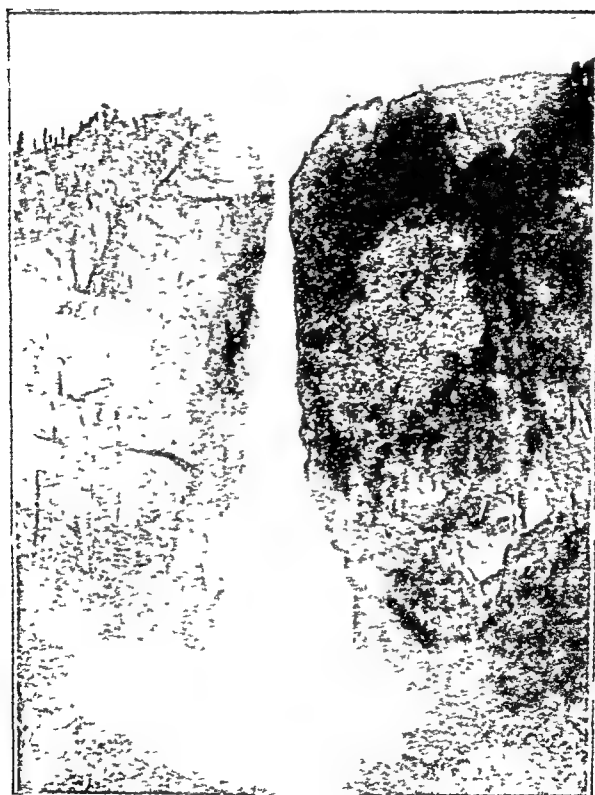


Fig. 42

Massive rock. The Upper Yosemite Falls. Compare the structure of the rock with that shown in Fig 41

(३) कायान्तरित शैल (Metamorphic rocks)—यह नाम तृतीय वर्ग की शैलों को दिया गया है। इन शैलों का रूप किसी पूर्व दशा से विशेषतः परिवर्तित हुआ है। तलछटी शैल और आग्नेय शैल दोनों ही कायान्तरित शैलों में परिवर्तित हो सकती हैं, विशेषतया (?) अधिक दबाव के प्रभाव के कारण जो शैल की रचना

को परिवर्तित कर देता है (चित्र ४३); अथवा (२) जल की क्रिया के कारण जो उनके कुछ भागों को घुलाकर ले जाना है और कुछ नवीन पदार्थ उनमें निक्षेप के रूप में छोड़ जाता है, और इस प्रकार जल के संघटन (composition) को परिवर्तित कर देता है; और (३) ऊष्मा (heat), जो कुछ दशाओं में उनके खनिज पदार्थों को नवीन रूपों में पुनः स्फटन (crystallize—रूबे बनते) के लिए, बाध्य करती है। इन विधियों में तलछटी जल और आग्नेय जले दोनों ही अत्यधिक परिवर्तित हो सकती हैं।



Fig. 43

Metamorphic rock. (Ells. Can. Geological Survey)

समस्त विज्ञान जलें, दरारें (cracks) अथवा मन्धियों (joints) द्वारा पारगम्य (traversed) होती हैं, जो उन्हें बड़े अथवा छोटे खण्डों में विभक्त कर देती हैं। ये मन्धियाँ ऊर्ध्वाधर (vertical) अथवा किसी भी कोण पर झुकी हुई हो सकती हैं।

वायुमण्डल का कार्य (THE WORK OF THE ATMOSPHERE)

वायुमण्डल स्थल-तल के प्रत्यक्ष सम्पर्क में रहता है और नीचे की मिट्टी तथा शैलो के भीतर पर्याप्त गहराई तक प्रवेश कर जाता है। मिट्टी और शैल पर इसके प्रभाव अनेक तथा विभिन्न प्रकार के होते हैं। यहाँ पर अधिक महत्त्वपूर्ण प्रभावों में से केवल कुछ का ही वर्णन किया जाएगा। कुछ प्रभाव वायु की गतियों के कारण उत्पन्न होते हैं, कुछ उसके तत्त्वों की रासायनिक क्रिया द्वारा और कुछ स्वयं वायु द्वारा पूर्ण न होकर केवल उसके (वायु) द्वारा प्रसीमित (conditioned) होते हैं।

बलकृत क्रिया—पवन की क्रिया

(Mechanical Work—The Work of the Wind)

धूल (Dust)

सार्वभौमिकता (Universality)—वायुमण्डल धूल से कभी भी रिक्त नहीं रहता है। शुष्क प्रदेशों में 'झझा के दिनों में' (in windy days) वायु में धूल की मात्रा इतनी अधिक होती है कि हम उसे सरलता से देख सकते हैं। वायु जिस काल पूर्णतः शान्त जात होती है, तब भी उसमें धूल विद्यमान रहती है। इसका अनुमान इस तथ्य में हो सकता है कि वायु के शान्त रहने पर भी मकानों और विभिन्न प्रकार के घेरो में धूल जम जाया करती है और एक अँधेरे कमरे में एक सकीर्ण दरार अथवा एक छोटे छिद्र द्वारा प्रकाश को भीतर प्रवेश करने देकर इस धूल को प्रत्यक्ष देखा जा सकता है। इस प्रकार प्रवेश करने वाले प्रकाश में असह्य धूल-कण देखे जा सकते हैं। धूल वायुमण्डल में ऊँचाई तक विस्तृत है, क्योंकि उच्चतम पर्वतों के ऊपर पायी जाने वाली वायु में भी धूल पर्याप्त मात्रा में पायी जाती है। धूल अपने उद्गम स्थानों से पवन द्वारा प्रवाहित होकर बहुत दूर तक चली जाती है, क्योंकि स्थल से अनेक मील दूर के समुद्र पर भी धूल प्रायः गिरती है। यदाकदा महासागरों के मध्य में चलते हुए जहाजों के डेक पर भी धूल गिरती है।

वायुमण्डल में धूल की सर्वव्याप्ति अन्य प्रकार से भी सिद्ध की जा सकती है। यदि तुरन्त की गिरी हुई वर्षा के जल का वाष्पीकरण (evaporation) किया जाय तो तलछट की एक न्यून मात्रा बच रहती है। यह तलछट उस धूल को व्यक्त करता है जो गिरी हुई बूंदों द्वारा नीचे लायी गयी है। इसी प्रकार यदि ताजी गिरी हुई

शीन (snow—हिम का प्रथम रूप) को पिघलाकर उसका वाष्पीकरण किया जाए तो धूल का कुछ अवशेष बचेगा। यही बात तब भी मिलेगी जबकि शीन, पर्वतों के शिखरों अथवा किसी ऐसे स्थान से ली जाए, जैसे कि ग्रीनलैण्ड, जो जोते गये स्थलों और गलियों, जिनसे कि घने बसे हुए अधिकांश प्रदेशों को धूल मिलती है, बहुत दूर है। चूँकि सभी वर्षा और सभी शीन धूल को नीचे लाते हैं, अतः हम निष्कर्ष निकालते हैं कि धूल वायुमण्डल में सर्वव्याप्त है।

धूल के स्रोत (Sources of dust)—वायुमण्डल में लटके हुए ठोस पदार्थ के समस्त लघु कण धूल कहे जाते हैं। मृत्तिकामय पदार्थ के सूक्ष्म कण जो स्थल-तल में वायु में मिल जाते हैं, धूल में प्रचुरतम मात्रा में हैं, किन्तु धुएँ के ठोस कण, फूलों के पराग-कण, उन पौधों के बीजाणु जो धूम गोली (puff ball) की तरह फूलते नहीं हैं, और अन्य प्रकार के छोटे-छोटे जीवाणु (organism) भी वायुमण्डल की धूल में प्रचुर मात्रा में पाये जाते हैं। अनेक सक्रिय ज्वालामुखियों के समीप उनके द्वारा प्रवाहित जैलों के सूक्ष्म कण वायु में प्रचुर रूप में मिलते हैं। इनके अतिरिक्त अपार्थिव (extra terrestrial) स्रोतों से भी धूल एक तुच्छ मात्रा में पृथ्वी पर पहुँचती है।

जब पवन वेग में बहती है तो गलियों, जुते खेतों और किसी अन्य शुष्क धरातल में, जो वनस्पति में आच्छादित नहीं है, धूल की पर्याप्त मात्रा वायु में एकत्र हो जाती है। जहाँ पर धरातल अति शुष्क होता है, जैसे मरु प्रदेशों में, और पवन शक्तिशाली होती है, वहाँ पर वायु की उठती हुई धाराओं द्वारा धूल के बादल अथवा आवर्त (whirls) कभी-कभी उत्पन्न हो जाते हैं और मीलों दूर में देखे जा सकते हैं। घनी वनस्पति में आच्छादित तलों से पुष्प-परागों के अतिरिक्त वायु को कोई धूल नहीं मिलती है। आर्द्र अथवा शीन या हिम में ढके धरातलों में भी धूल प्राप्त नहीं होती है।

ज्वालामुखी की धूल (Volcanic dust)—वे ज्वालामुखी जिनके उद्गार प्रस्फोटि (explosive) होते हैं, प्रायः सूक्ष्म कणों में टूटते हुए खनिज पदार्थ की पर्याप्त मात्रा ऊँचाई तक वायु में फेंक देते हैं। इसको ज्वालामुखी की धूल अथवा ज्वालामुखी की राख कहते हैं। राख उचित नाम नहीं है क्योंकि यह धूल जलने की क्रिया से उत्पन्न नहीं होती है। यह लावा है जो प्रस्फोटन के कारण सूक्ष्म टुकड़ों में उड़ा दिया गया है (चित्र ४४)। प्रस्फोटन (explosion) की शक्ति कभी-कभी इतनी अधिक होती है कि धूल वायुमण्डल में बहुत ऊँचाई तक पहुँच जाती है और एक बार उस स्थिति में पहुँच जाने पर वह पवन द्वारा इधर-उधर प्रवाहित होती रहती है और कुछ परिस्थितियों में बहुत दूरी तक पहुँच जाती है। जावा और सुमात्रा के बीच क्राकातोआ द्वीप में अगस्त सन् १८८३ में एक भयंकर ज्वालामुखी का उद्गार



Fig. 44

Particles of volcanic dust, greatly magnified.

हुआ था। इसमें आधा द्वीप उड गया था और धूल की अति विशाल मात्राएँ बड़ी ऊँचाइयों तक पहुँच गयी थी। सूर्यास्तों के रंगों पर पडने वाले धूल के प्रभावों द्वारा ही वायु में इस धूल के मार्ग का पता लगाया गया था। इस प्रकार यह अनुमान किया गया कि लगभग पन्द्रह दिनों में यह धूल पूर्ण रूप से पृथ्वी के चारों ओर प्रवाहित हुई थी। अधिकांश धूल भूमध्य रेखा के समीपवर्ती अक्षांशों में पृथ्वी की परिक्रमा की थी, किन्तु इस नीचे अक्षांश से धूल ध्रुवों की ओर भी उल्लेखनीय विस्तार में फैली थी। ऐसा अनुमान किया गया है कि कुछ धूल उद्गार से तीन साल बाद तक भी वायु में थी और कुछ स्थिर होने से पूर्व पृथ्वी का कई बार चक्कर लगा चुकी थी। यह सम्भव है कि केवल एक ज्वालामुखी उद्गार से निकली धूल

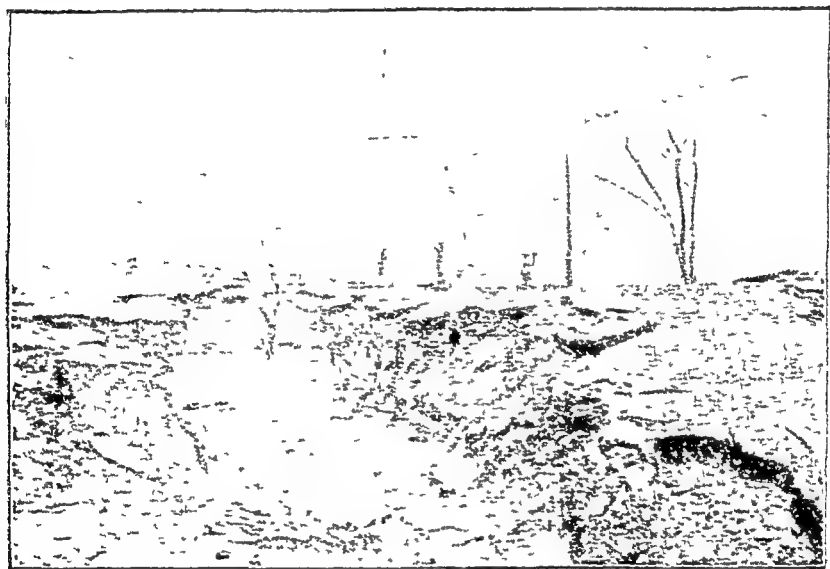


Fig. 45

Thick layer of volcanic dust ($1\frac{1}{2}$ to $1\frac{3}{4}$ metres) on the Richmond estate, Island of St Vincent, 8 kilometres from the crater of the Soufriere After the eruption of 1902. (Hovey, *Am. Mus. Nat. Hist.*)

पृथ्वी के प्रायः समस्त भागों तक पहुँची हो। इस उदाहरण से उस विस्तार का पता चल सकता है जिस तक वायु के ऊपरी भाग में धूल जा सकती है और वह कितने समय की अवधि तक वायु में लटकी रह सकती है। वायु के निचले भाग में धूल साधारणतः इतनी लम्बी अवधि तक नहीं लटकी रहती है और न इतनी दूरी तक ही जाती है क्योंकि नीचे की पवन कम शक्तिशाली होती है और धूल को अनेक प्रकार की बाधाओं का सामना करना पड़ता है, जैसे—पहाड़ियाँ, वृक्ष आदि, जहाँ जाकर यह रुक जाती है। सन् १९०२ में, पश्चिमी द्वीपसमूहों में स्थित साउफ़ेरे (Soufriere) और पेले (Pele) के उद्गारों में से बड़ी मात्रा में धूल बाहर निकली थी (चित्र ४५)।

लोएस (Loess—चिमूदा)—चीन तथा यूरोप के कुछ भागों में और मिसिसिपी द्रोणि (basin) के पर्याप्त क्षेत्रों में एक विनिष्ट मृत्तिकामय पदार्थ की



Fig 46

Bluff of loess at Kansas City. The cliff was developed by erosion after the loess was deposited. (*Mo. Geological Survey*)

पर्याप्त मोटाइयाँ मिलती हैं। इस पदार्थ के कण बालू के कणों से छोटे किन्तु मृत्तिका



Fig 47

Cliff of loess near Huang-tu-Chai in northern Shan-si.
(*Willis, Carnegie Institution*)

(clay) के कणों से बड़े होते हैं। इसको लोएस कहते हैं जिसका अधिकांश वायु द्वारा निक्षिप्त हुआ था। शुष्क दिनों में जब वायु का वेग प्रबल होता है तब मिसौरी

जैसी नदियों के बाढ़ के मैदानों से धूल के बादल घरातल से उठते हैं और समीपवर्ती उच्च भूमि पर जाकर जमा हो जाते हैं। यह धूल यदि वास्तव में लोएस नहीं होती तो भी यह लोएस के अत्यधिक समान अवश्य होती है। धूल के जम जाने के पश्चात् अपक्षरण (erosion) लोएस में उत्प्रपात (cliffs) विकसित कर देता है जो बहुत दिनों तक सीधे (steep) अथवा ऊर्ध्वाधर (vertical) किनारों सहित खड़े रहते हैं (चित्र ४६-५०)। चीन में कहा जाता है कि लोएस कुछ स्थानों पर बीसियों मीटर-



Fig. 48

A bluff of loess in China on which a temple stands.
(Willis, Carnegie Institution)

मोटी है किन्तु मिसीसिपी की घाटी में लोएस की मोटाई १० मीटर से १५ मीटर तक से अधिक केवल कुछ ही स्थानों में है। चीन के कुछ भागों में वहाँ के निवासियों ने लोएस की क्रमिक तहों के सीधे (steep) किन्तु मुलायम किनारों में सकान भी खोद लिये हैं (चित्र ४६)।

धूल किस प्रकार वायु में रहती है—यद्यपि धूल अधिकांशतः खनिज पदार्थों की बनी होती है जो वायु से बहुत अधिक भारी होती है, फिर भी वह हवा में लटकी रहती है क्योंकि (१) धूल के कण इतने छोटे होते हैं कि उनकी मात्रा

(masses) के अनुपात में उनके तल बड़े होते हैं, अतः वायु में होकर उनके नीचे उतरने में घर्षण (friction) क्रिया अधिक होती है। और, क्योंकि (२) वायुमण्डल

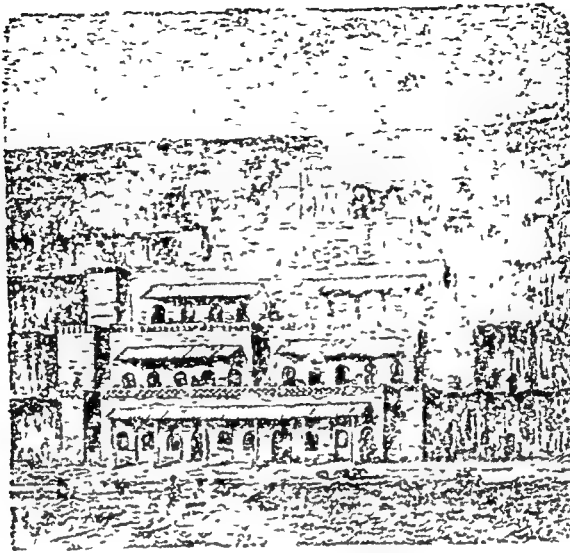


Fig 49

Facade of a group of buildings in a bluff of loess,
Province of Shan-si, China (*Richthofen*)

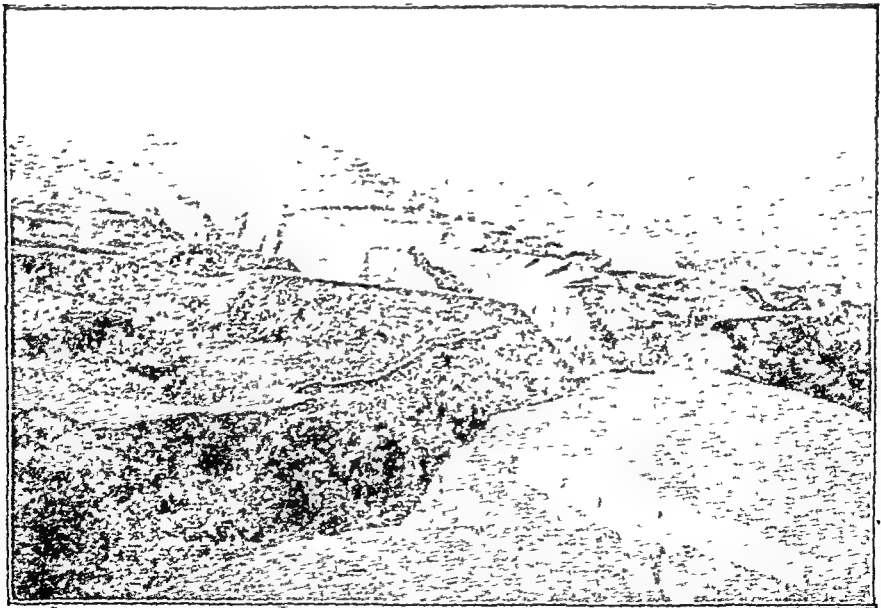


Fig. 50

Slopes of loess in China, terraced by man for agricultural purposes.
(*Willis, Carnegie Institution*)

में अनेक ऊपर की ओर को जाने वाली धाराएँ होती हैं जो धूल को पृथ्वी की आकर्षण शक्ति (gravity) के होते हुए भी ऊपर की ओर ले जाती हैं। वास्तव में, वायुमण्डल की धूल सदैव कहीं न कहीं स्थिर होती रहती है और उसकी नवीन पूर्ति (supply) भी निरन्तर होती ही रहती है।

वितरण (Distribution)—वायु में धूल के संचलन (movement) के विषय में जो जानकारी प्राप्त है उसको दृष्टि में रखते हुए सम्भवतः ऐसा कहना अतिशयोक्ति नहीं होगी कि धरातल के सभी भूभाग जो वायु को धूल प्रदान करने में समर्थ होते हैं, आपस में धूल का आदान-प्रदान कर चुके हैं। बहुत-सी धूल महा-सागरों अथवा अन्य जल समूहों में गिरती रहती है जहाँ से पवन उसे पुनः नहीं उठा पाती है, किन्तु जो धूल स्थल पर गिरती है वह पवन द्वारा पुनः उठाया जा सकती है और बार-बार ड़धर-ड़धर उड़ाया जा सकती है।

पवन के क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects of wind)—चूँकि धूल निरन्तर स्थल से समुद्र को प्रवाहित होती रहती है (समुद्र से स्थल को लौटकर नहीं आती) और समुद्र उसके अनुरूप प्रतिफल (return) स्थल को नहीं दे पाता है, अतः सामान्यतः पवन द्वारा धूल को उठाने की क्रिया स्थल को निरन्तर नीचा और समुद्र-नितल (bottom of the sea) को ऊँचा बनाती रहती है; परन्तु स्थानीय रूप में (कहीं-कहीं) पवन भूमि पर भी धूल को जमा करती रहती है और स्थल को ऊँचा करती है।

वालू (Sand)

वालू के स्रोत (Sources of sand)—मन्द पवनें भी धूल को उठाती और उसे एक स्थान में दूसरे स्थान को ढोती भी रहती हैं। प्रबल पवन तो वालू के कणों को ही नहीं बल्कि छोटी गिट्टियों (pebbles) अथवा ककड़ियों तक को भी उठाकर ढो ले जाती हैं। सूक्ष्म पदार्थों की भाँति वालू उम्मी स्थिति में ही प्रवाहित हो पाती है जबकि वह शुष्क हो। समुद्रों तथा ज़ीलों के अनेक तटों पर, कुछ घाटियों के तलों में, मरुस्थलीय प्रदेशों में, और कुछ अन्य स्थानों में वालू पर्याप्त मात्रा में पायी जाती है। इन स्थानों में से अधिकांश स्थान ऐसे हैं जहाँ वालू (sand) कुछ समय तक शुष्क रहती है और इनमें से कुछ स्थानों में वह अधिकांश समय शुष्क ही रहती है।

पवनोद्भूत वालू का संवास (Lodgment of wind-blown sand)—पवन द्वारा ढोयी गयी वालू का जमाव—वालू के कण वायु में प्रायः उतनी ऊँचाइयों तक नहीं पहुँच पाते हैं जितने कि धूल के कण, और न वे उतने समय तक वायु में रुक ही पाते हैं। अपनी बड़ी मात्रा (mass) के कारण, पवन के वेग में रुकावट आते ही वे धूल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से नीचे गिर जाते हैं। चूँकि वालू के कण मुख्यतः वायुमण्डल के निचले भागों में ही स्थित रह पाते हैं, अतः धरातल पर से मिलने वाली बाधाओं द्वारा उनके रुकने की सम्भावनाएँ धूल की अपेक्षा बहुत अधिक होती हैं। इस प्रकार प्रत्येक वृक्ष, लट्ठा, ठूँठ, भवन और बाड़ा, तथा प्रत्येक टीला और पहाड़ी, जिनके विरुद्ध वालू उड़ती है, उसके कुछ भाग को स्थान-विशेष पर

ठहर जाने (सवाम—lodgment) के लिए ठीक वैसे ही वाह्य कर देती है जैसे कि वायु द्वारा प्रवाहित हिम या गीन (snow) को वे रुकने के लिए वाह्य करती है। इनसे यह परिणाम निकलता है कि बालू बूल के समान ही कुछ असमान रूप में टीलो (mounds) और कटको (ridges) के रूप में, घरातल पर मिलने वाली किसी प्रकार की बाधा (obstacle) के समीप एकत्र हो जाती है।

बलुआ टिब्बे (Dunes)¹—वे टीले (mounds) और कटक (ridges) जो वायु द्वारा उड़ाकर लाये हुए अथवा वायूद (eolian) रेत से बनते हैं, बलुआ टिब्बे कहलाते हैं (चित्र ५१)। एक बार प्रारम्भ हो जाने पर बलुआ टिब्बा अन्य उड़ती

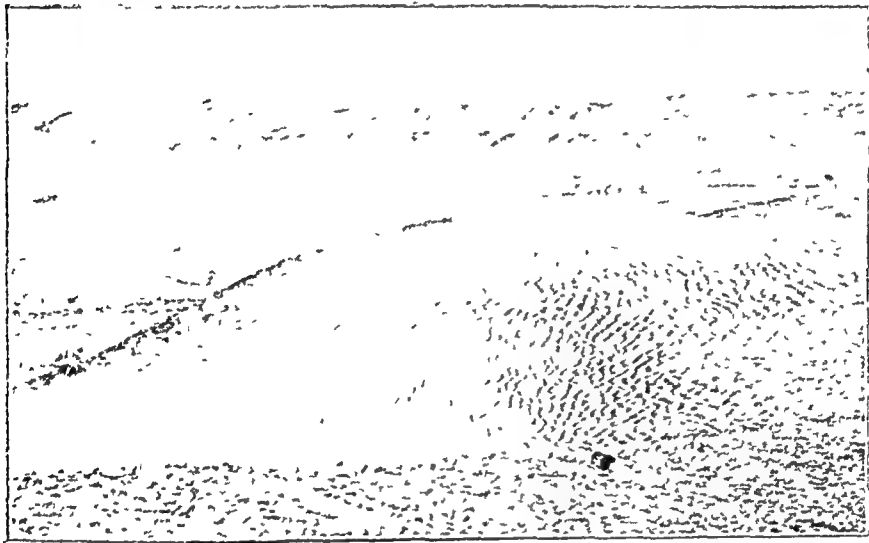


Fig. 51

A ripple-marked sand dune in the foreground.
(U. S. Geological Survey)

हुई बालू के लिए गड़ बाधा उपस्थित कर देता है और अधिकाधिक बालू के ठहरते रहने के कारण टिब्बा बढ़ता जाता है। इस प्रकार बीसियों मीटर ऊँचे बालू के टीले और उनकी कटके पवन द्वारा बनती ह। बड़े टिब्बों की अपेक्षा छोटे बलुआ टिब्बे बहुत अधिक संख्या में होते हैं।

बलुआ टिब्बों का वितरण (Distribution of dunes)—बलुआ टिब्बे प्रधानतः पर्याप्त बालू के भण्डारों के समीप मिलते हैं। अतः वे संयुक्त राज्य में न्यूयार्क के दक्षिण अटलाण्टिक तट पर अधिकता से पाये जाते हैं। यहाँ पर बालू तरंगों द्वारा पुलिन (beach—किनारे) पर फेंक दी जाती है और सूख जाने पर वह पवन का शिकार हो जाती है। पश्चिम से चलती हुई पवने बालू को सागर में उड़ा ले जाती हैं, किन्तु अन्य दिशाओं से आने वाली पवने, विशेषकर पूरव दिशा

¹ See *Geog. Jour.*, April 10, p. 379.

से आती हुई पवने, बालू को स्थल की ओर को ढोती है और उसको उठाकर बलुआ टिब्बे बना देती है। मिशीगन झील के पूर्वी किनारे पर भी बलुआ टिब्बे प्रचुरता से पाये जाते हैं और उनमें से कुछ बहुत बड़े होते हैं, किन्तु झील के पश्चिमी तट पर उनका सर्वथा अभाव है। इसका कारण यह है कि प्रचलित (prevailing) और प्रबलतम दोनों ही पवने पश्चिम से चलती हैं। घाटियों के पवनाभिमुख किनारों (windward sides) की अपेक्षा उनके 'हवा ओट दिशा' (leeward—प्रतिवात) के किनारों पर बलुआ टिब्बे अधिक मिलते हैं। इसलिए जहाँ पछुआ पवन चलती है वहाँ पर घाटियों के पूर्वी किनारों पर पश्चिमी किनारों की अपेक्षा, बलुआ टिब्बे अधिक सामान्य हैं। सामान्यतया वे घाटियों के उत्तरी किनारों की अपेक्षा दक्षिणी किनारों पर अधिक सामान्य हैं क्योंकि जाड़ों की झझाकारी पवने (storm winds) पश्चिम-दक्षिण की ओर से न आकर पश्चिमोत्तर से आती हैं। बड़े मैदानों (great plains) के अर्द्ध-मरुस्थली प्रदेशों में, जैसे पश्चिमी नेब्रास्का (Nebraska) और पश्चिमी कसास (Kansas) में, सहस्रो वर्गमील के विस्तार वाले खण्डों में बलुआ

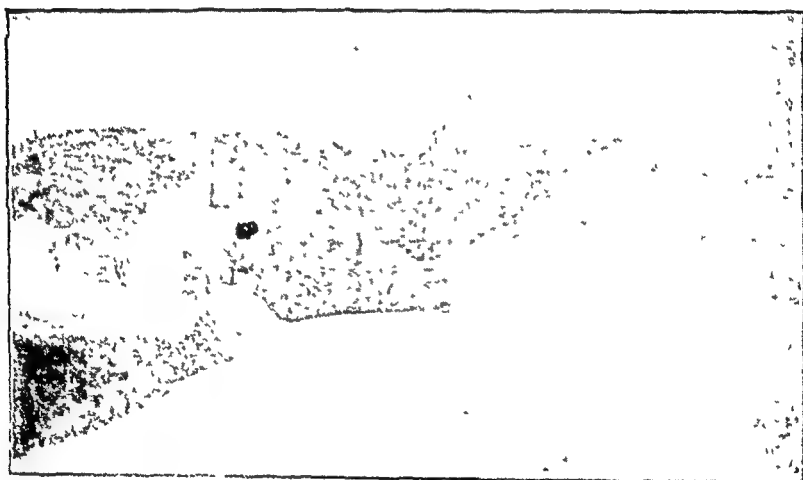


Fig 52

A group of dunes at the head of Lake Michigan.
Dune Park, Ind. (Meyers)

टिब्बे मिलते हैं। आरकसास नदी और सिमारोन (Cimarron) के मध्य का बलुआ टिब्बों का प्रदेश पश्चिमी संयुक्त राज्य के उपनिवेश बनाने की क्रिया (colonization) में कठिनतम बाधक था। वाइयोमिंग (Wyoming) के पश्चिमी-मध्यवर्ती भाग में भी बड़े आकार के बलुआ टिब्बे हैं। संहारा जैसे और भी अधिक शुष्क प्रदेशों में बलुआ टिब्बे अपने उच्चतम विकास को प्राप्त करते हैं।

स्थानीय रूप में बलुआ टिब्बे तल की सर्वाधिक स्पष्ट आकृतियाँ (features)

है। सामान्यतया वे पर्वती क्षेत्रों की अपेक्षा मैदानों और निचले पठारों पर अधिक सामान्य रूप में पाये जाते हैं।

बलुआ टिब्बों की समाकृति (Configuration of dunes)—बलुआ टिब्बों की आकृतियों में व्यापक विभिन्नता मिलती है। यदि वे टीलों की आकृति में हैं तो वे गोल अथवा अण्डाकार हो सकते हैं, किन्तु कुछ की रूपरेखा अत्यन्त अनियमित होती है। बलुआ टिब्बों की कटकें (ridges) छोटी अथवा लम्बी और सीधी अथवा वक्र (curved) हो सकती हैं। सामान्यतः प्रनिवात (leeward) ढाल पवनाभिमुख (windward) ढाल से अधिक सीधा होता है परन्तु एक ही बलुआ टिब्बे का आकार समय-समय पर बदलता रहता है। जब बलुआ टिब्बे पवन द्वारा नाशन-क्रिया (process of destruction) में रहते हैं तो उनके आकारों के अत्यन्त

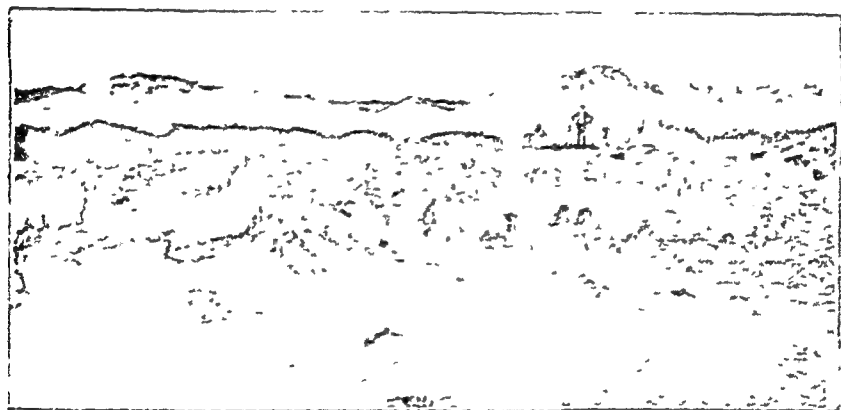


Fig 53

Dunes at Longport, coast of New Jersey, showing the irregular forms developed by winds which erode.

अनियमित होने की सम्भावना रहती है (चित्र ५३)। कुछ परिस्थितियों में इसका कारण यह है कि उन पर उगने वाली वनस्पति उस बालू को जकड़ लेती है जिसमें उसकी जड़ें होती हैं।

अनेक बलुआ टिब्बों से सम्बन्धित गर्त भी मिलते हैं (पृष्ठ ५)। कुछ गर्तों (depressions) में निष्क्रम (outlet—जल के निकास मार्ग) होते हैं और कुछ में नहीं। इन गर्तों में से कुछ पवन द्वारा प्रदूर्वी (scooped) हुए और कुछ के चारों ओर बलुआ टिब्बों के बनने से वे घिर गये।

वायुद्वारा बालू की नाशन-शक्ति (Destructiveness of eolian sand)—बलुआ टिब्बों के रूप में बालू का एकत्रित होना किसी-किसी स्थान पर बहुत हानिकारक होता है। बलुआ टिब्बों के विकसित होने के कारण समुद्र-तटों की कृषि-योग्य भूमि के संकीर्ण खण्ड ऊजड़ बन गये हैं। बड़े वृक्षों के वन भी उनके नीचे दब जाते हैं (चित्र ५४)। कुछ प्रकार के वृक्ष अपनी दफनाने वाली बालू से अपना

जीवन सुरक्षित रखने के लिए अत्यन्त वीरता से प्रयत्न करते हैं और वे अपने उद्भव आधारों से बहुत दूर ऊपर तक अपनी जड़ें फेक देते हैं। इस प्रकार उनमें से कुछ

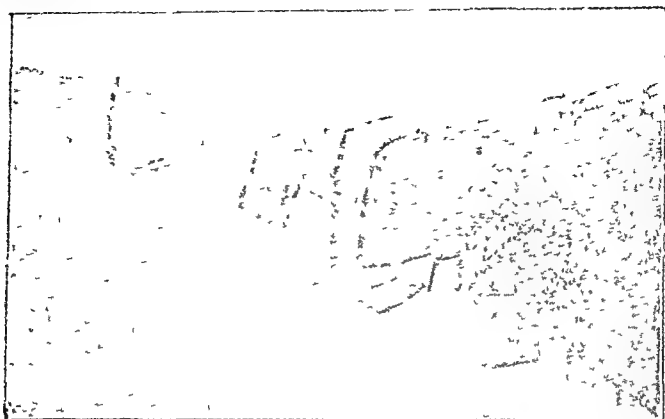


Fig. 54

Lee side of a sand dune, Cape Henry, Va. The dune is advancing on a forest and burying the trees.
(Hitchcock)

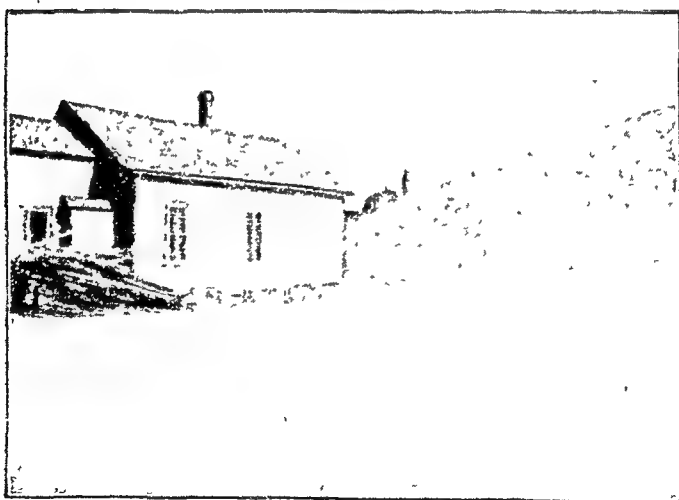


Fig. 55

Sand dune showing the effect of a building on the disposition of the sand. The wind reflected from the building keeps sand from accumulating against it.
Mainstee, Mich. (Hitchcock)

तब तक जीवित बचे रहते हैं जब तक कि वे प्रायः ढक नहीं जाते। कभी-कभी बालू ऐसे घरों तक को भी, जिनमें कोई नहीं रहता, दफना देती है, किन्तु किसी-किसी

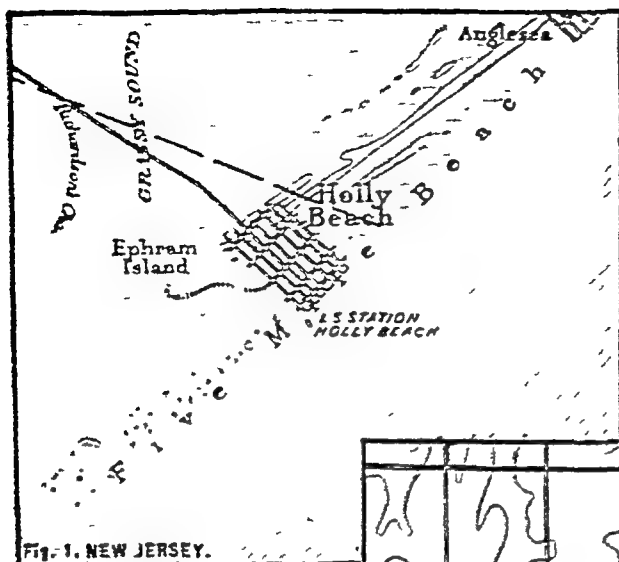


FIG 1.—Dunes on coast of New Jersey Scale 1+ miles per inch. Contour interval 10 feet. (Cape May Sheet, U S. Geol Surv.)

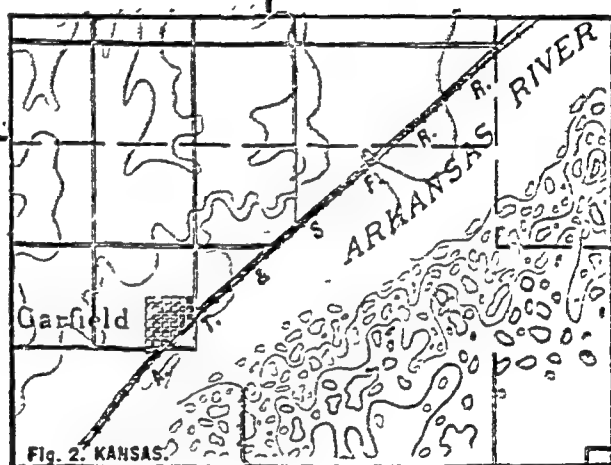


FIG. 2.—Dunes along Arkansas River in Kansas. Scale 2+ miles per inch. Contour interval 20 feet (Larned Sheet, U. S. Geol. Surv.)

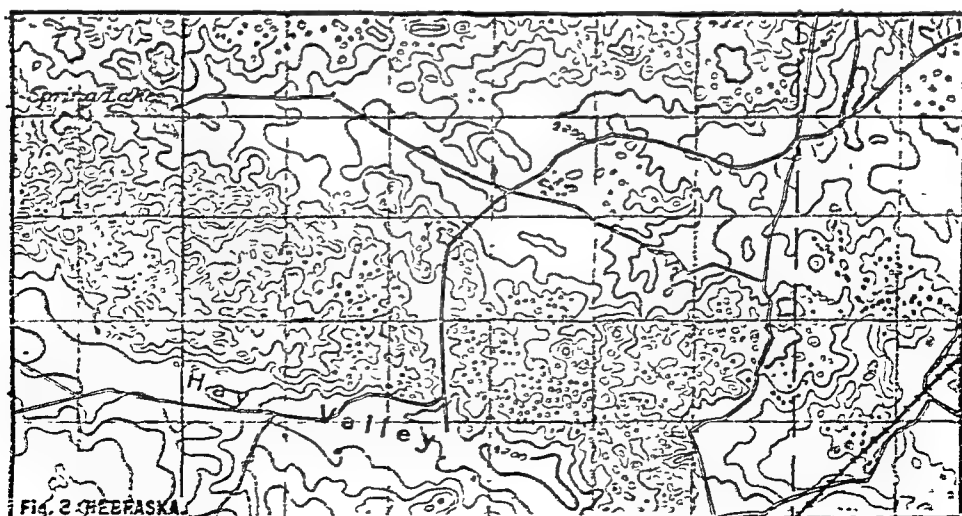
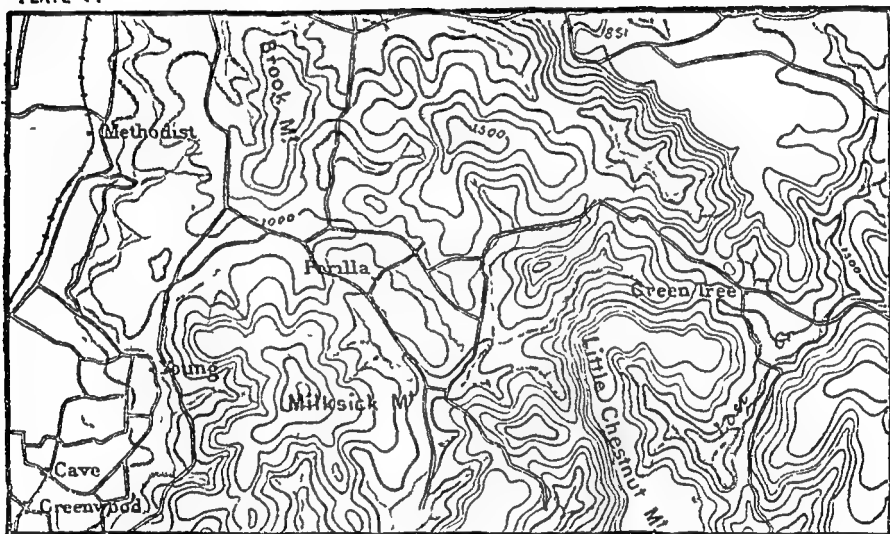


FIG. 3 —Dunes in plains of Nebraska. Scale 2+ miles per inch, Contour interval 20 feet. (Camp Clarke Sheet, U S Geol Surv)

PLATE VI



Limestone sinks due to solution by ground-water. The depression contours are hachured. Scale 2+ miles per inch. Contour interval 100 feet. (Pikeville, Tenn., Sheet, U S Geol Surv)

भवन के आसपास बालू इतनी शीघ्रता से जमा नहीं हो पाती कि उसे मानव प्रयत्नो द्वारा अलग न किया जा सके। बहन की हुई बालू कभी-कभी रेल-मार्गों के लिए भी कठिनाई उत्पन्न कर सकती है। अफ्रीका के मरुस्थल में अनेक कारवाँ बालू के तूफानों से नष्ट हो चुके हैं और कहा जाता है कि कैम्बीस (Cambyses) की ५०,००० सैनिकों की एक सेना बालू में विवश होकर उसके नीचे दब गयी थी।

बलुआ टिब्बों का प्रव्रजन अथवा स्थानान्तरण (Migration of dunes)—अनेक बलुआ टिब्बे 'स्थान परिवर्तन करने वाले' (migratory) होते हैं। बालू टिब्बों के पवनाभिमुख पार्श्व (windward sides) से उड़ती है और उनके प्रतिवात पार्श्व (leeward side) में जमा होती है। बालू के पवनाभिमुख पार्श्व से प्रतिवात पार्श्व की ओर को निरन्तर स्थान परिवर्तन करने के कारण बलुआ टिब्बा मन्द गति से 'प्रचलित पवनो' (prevailing winds) के साथ आगे बढ़ता रहता है। बलुआ टिब्बों के प्रथम विकास के समान ही उनका स्थानान्तरण (migration) भी प्रायः उपजाऊ भूमि, वनों, भवनों आदि को नष्ट कर देता है।

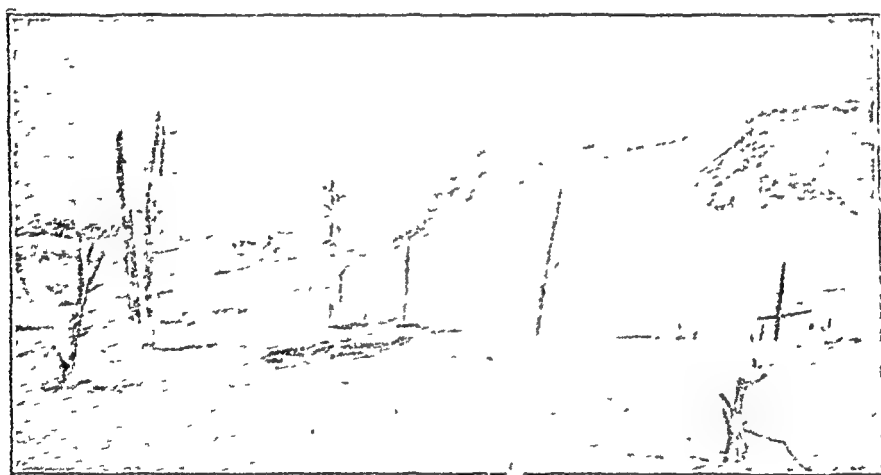


Fig. 56

A resurrected forest. After burying and killing the forest, the sand was blown away, exposing the dead trees. Head of Lake Michigan. (Meyers)

प्राकृतिक क्रियाओं और ऐतिहासिक विवरणों—दोनों ही से हमें बलुआ टिब्बों के प्रव्रजन के विस्तार का कुछ आभास मिल सकता है। जैसे, वे बलुआ टिब्बे जिन्होंने वनों को आक्रान्त कर उन्हें दबा दिया था, जब आगे बढ़ते हैं तो वे वन जो दबकर मृत हो गये थे, पुनः प्रकट हो जाते हैं। यह चित्र ५६ में निर्देशित किया गया है। बलुआ टिब्बों के संचलन (movement) के कारण अन्य वस्तुएँ भी प्रकट हो सकती हैं। उत्तरी कारोलीना के समुद्र-तट पर एक स्थान में एक बलुआ क्षेत्र कब्रगाह (cemetery) के लिए काम में लाया जाता था। पवन ने बालू को इस सीमा तक दूर उड़ा दिया कि दफन किये गये मर्दों की हड्डियाँ दिखाई पड़ने लगी (चित्र ५७)।

आधुनिक खोजों से पता चलता है कि “सैकड़ों, सम्भवतः सहस्रों, वर्ग मीलों में मध्य एशिया में कस्बे और नगर दबे हुए हैं।”¹ इन नगरों में से कम से कम कुछ नगर प्रब्राजी वलुआ टिब्बो द्वारा दफन हुए हैं।

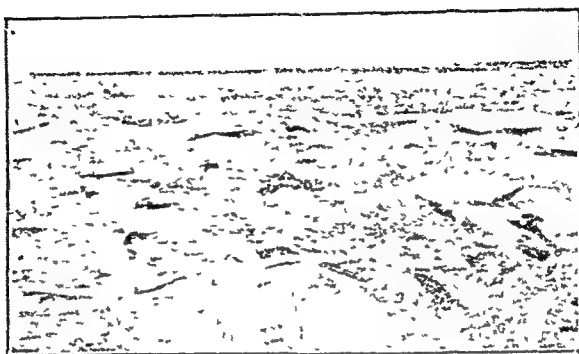


Fig 57

Migration of dune sand, exposing bones in a cemetery Hatteras Island, N C (Cobb)

वलुआ टिब्बो का प्रब्रजन कुछ समुद्री तटों पर इतना सर्वनाशी है कि उनके संचलन को रोकने के लिए यत्न किये जाते हैं। यदि कोई टिब्बा वनस्पति से आच्छादित हो जाए तो उसकी स्थिति में परिवर्तन होने की सम्भावना तब तक नहीं रहती है जब तक कि उस पर वनस्पति है, क्योंकि पौधों में बालू को दबाये



Fig. 58

Dune sand held by brush fences on the Kurische Nehrung, North Germany.

रखने (pinning down) की शक्ति है। ऐसी परिस्थितियों में उगने वाले वृक्ष, झाड़ियाँ इत्यादि कभी-कभी बालू पर उगा दिये जाते हैं जिससे उसका आगे स्थान परिवर्तन न हो सके (चित्र ५८)। यूरोप के पश्चिमी तट पर, जहाँ भूमि मूल्यवान

¹ Nat Geog. Mag., Vol. XVI, 1905, p 499

है, ऐसा विभिन्न स्थानों पर किया जाता है। ऐसा अमरीका में भी कुछ सीमा तक किया गया है, जैसे सैनफ्रान्सिस्को के पाम नदीय ढाल पर झाड़ियाँ लगायी गयी हैं ताकि समुद्र-तट की बालू उड़कर गोल्डन गेट पार्क (Golden Gate Park) तक न पहुँच सके। सन् १८२६ और १८३८ के बीच संयुक्त राज्य सरकार ने प्रोविन्सटाउन (Provincetown, Mass) के बन्दरगाह के तटों पर बलुआ टिब्बों को रोकने के लिए २८,००० डालर खर्च किये थे। परन्तु ऐसी दशा में भी वनस्पति-आच्छादित बलुआ टिब्बों पर अतिरिक्त बालू आकर जमा हो सकती है।

समस्त वायूढ़ बालू बलुआ टिब्बों में नहीं^१—समस्त वायूढ़ (eolian) बालू बलुआ टिब्बे ही नहीं बनती है। इनमें से कुछ जहाँ घरातल पर संवास (lodges)

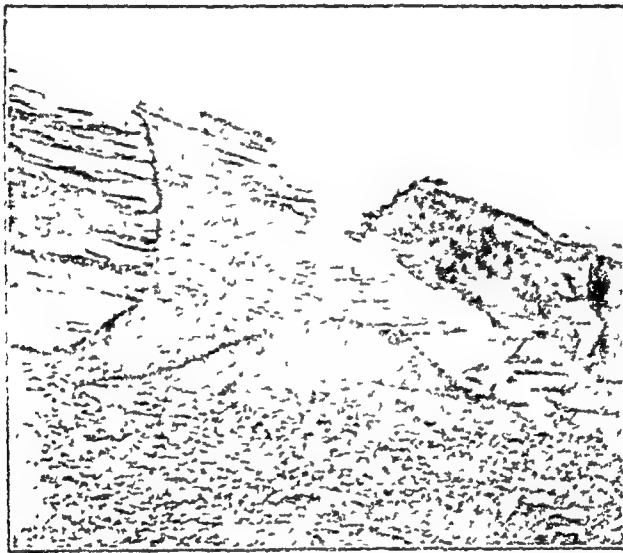


Fig 59

A phase of wind-carving on sandstone.
Wyoming. (Bastin)

करती है वहाँ कुछ ममरूप में भी फैलती है। बलुआ टिब्बों की अपेक्षा वायूढ़ बालू सम्भवतः अधिक व्यापक होती है।

तरंग-चिह्न (Ripple-marks)—किसी-किसी वायूढ़ (windblown) बालू पर स्पष्ट रूप से तरंग-चिह्न मिलते हैं (चित्र ५१), जो जल के नीचे निक्षिप्त (deposited) बालू पर पड़े चिह्नों में पर्याप्त सीमा तक मिलते-जुलते हैं।

क्रम-स्थापन सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects)—स्थल से बहुत-सी बालू समुद्र में उड़ जाती है, किन्तु लहरे कुछ बालू को पुनः पुलिन (beach) पर वहा लाती है। प्रथम क्रिया स्थल के परिमाण को कम करती है जबकि दूसरी उसे बढ़ाती है। इन दोनों क्रियाओं का सापेक्ष महत्त्व ज्ञात नहीं है। सामान्यतया बालू

^१ Not all eolian sand in dunes.

के उड़ने से होने वाला परिभ्रशन (degradation—घिसाव) जहाँ तक स्थल का सम्बन्ध है, बालू के निक्षेप से होने वाले उच्चयन (aggradation—जमाव) से अधिक है। परन्तु स्थानीय दशाओं में द्वितीय प्रभाव अधिक स्पष्ट होता है।

स्थल पर स्थान-परिवर्तन करने वाली, अथवा पवन द्वारा स्थल से समुद्र में जाने वाली धूल और बालू की मात्रा बहुत अधिक है। यह अनुमान किया गया है कि प्रवल आँधियों में वायु में धूल और बालू की मात्रा वायु के प्रत्येक घन किलोमीटर में ३०,८२० मीटरिक टन तक हो सकती है, परन्तु वायु में धूल की औसत मात्रा सम्भवतः उपरोक्त मात्रा के एक प्रतिशत का बहुत छोटा अंश ही होता है।

यदि हम यह ज्ञात कर सकें कि प्रतिदिन स्थल से समुद्र में कितने टन बालू और धूल उड़कर पहुँचती है तो निस्सन्देह वह सख्या अत्यन्त प्रभावोत्पादक होगी, किन्तु यह मात्रा कभी निश्चित नहीं हुई है।

पवन द्वारा घर्षण (Abrasion by the wind)—शैल-तल के प्रतिवाहित (blown) बालू और धूल बालू-वात (sand blast) का प्रभाव रखती है और कड़ी चट्टानों को भी घिस देती है। यदि बालू से टकराने वाले तल की कठोरता



Fig. 60

Erosion Columns in Monument Park, Colo.; partly the product of wind erosion (*Fanbanks*)

असमान है तो कठोर भागों की अपेक्षा नरम भाग अधिक शीघ्रता से घिस जाते हैं। जिन प्रदेशों में पर्याप्त बालू पवन द्वारा उड़ायी जाती है, वहाँ बाहर को निकली हुई चट्टानें प्रायः विचित्र रूपों में उत्कीर्ण (carved) हो जाती हैं। आर्द्र जलवायु वाले मैदानी प्रदेशों में जहाँ अनावृत (bare—नग्न) चट्टानें बहुत कम मिलती हैं, वहाँ

पवनोद्बलानु (wind-driven) द्वारा किया गया घर्षण प्रभावहीन होता है, किन्तु अर्द्ध-मरुस्थलीय प्रदेशों में जहाँ कि स्थलाकृति (topography) विषम होती है और जहाँ पहाड़ियों और अनावृत्त जैलों की बहुलता होती है, वहाँ यह घर्षण अन्यन्त प्रभावपूर्ण होता है। जैल-तलों के घिसने में बालू की अपेक्षा पवनोद्बल बल बहुत कम प्रभावशाली होती है।

वायु के अवयवों द्वारा रासायनिक क्रिया (Chemical Work of the Constituents of the Air)

वायुमण्डल के प्रमुख अवयवों में से एक अवयव आक्सीजन (जाक) है, और आक्सीजन एक ऐसा पदार्थ है जो रासायनिक रूप में क्रियाशील है। यह क्रिया आर्द्रता की उपस्थिति में विशेष रूप में होती है। जब फीलाद का कोई टुकड़ा, जैसे चाकू का फलक (knife-blade), वायु में रखा दिया जाता है तो आक्सीजन की क्रिया देखने में आती है। टुकड़े में शीघ्रता से मोरचा लग जाता है। इसका अर्थ यह है कि वायु में से आक्सीजन और पानी लोहे के साथ मिल गये हैं और लोहे के मोरचे में तीनों ही पदार्थ संयुक्त होकर एक हो गये हैं। यह सर्वविदित है कि मोरचा छिलकों के रूप में निकल आता है और इस प्रक्रिया द्वारा चाकू का फलक शीघ्र ही मोरचे का भक्ष्य बन जाएगा अर्थात् वह पूर्ण रूप में मोरचे में परिवर्तित हो जाएगा। जब आक्सीजन लोहे के साथ मिल जाती है तो कहा जाता है कि लोहा जारित (oxidized) हो गया। यदि उसी समय पानी भी सम्मिश्रण में मिल जाए, जैसा कि उस समय होता है जबकि लोहे में मोरचा लगता है, तो कहा जाता है कि अयो-जारेय (iron oxide) जलीयित (hydrated) हो गया। अतः लोहे का मोरचा जलीयित-अयो-जारेय (hydrated oxide of iron) है। लौह-मोरचा (iron-rust) में आक्सीजन और पानी की मात्रा (भाग) लोहे के भाग में अधिक होती है।

उसी प्रकार के परिवर्तन चट्टानों में होते रहते हैं। कुछ चट्टानों में किसी न किसी सम्मिश्रण (combination) में लोहा पर्याप्त रहता है, और चट्टानों में उपस्थित लोहा भी उसी प्रकार के परिवर्तनों का विषय बनता है, जैसे कि चाकू का फलक सहन करता है। चट्टानों में, जैसा कि चाकू के फलक में, लौह का जारण (oxidation) सामान्यतः उन चट्टानों के खण्ड-खण्ड होने में सहायक होता है जिनका कि वह एक अवयव है। चट्टानों में स्थित अन्य पदार्थ भी जारित और जलीयित होते हैं और अनेक दशाओं में यह चट्टानों के टूटने का कारण होता है।

वायुमण्डल के अन्य अवयव भी सामान्य चट्टानों के कुछ खनिजों को परिवर्तित करने में सक्रिय हैं। उदाहरण के लिए, वायुमण्डल की कार्बन-डाई-आक्साइड (प्रांणार द्विजारेय) (CO_2) जो चट्टान के कुछ अवयवों के सम्मिश्रण में आती है, उसके विषय में ऐसा होता है। चट्टान के अन्य अवयवों के साथ कार्बन-डाई-आक्साइड का सम्मेलन प्रांणारीयण (carbonation) कहलाता है। जारण की भाँति प्रांणारीयण भी प्रभावित चट्टानों के टूटने में साधारणतः सहायक होता है।

अपक्षयण (Weathering)—जारण (oxidation) और प्रागरीयण (carbonation) के समान वे समस्त परिवर्तन, जो चट्टान के टूटने में सहायक होते हैं, अपक्षयण (मौसमीकरण) की सामान्य क्रिया की प्रावस्थाएँ (phases) होती हैं, जिनमें अधिकांश प्राकृतिक, सूक (silent) क्रियाएँ सम्मिलित हैं जो तल पर अथवा उसके निकट की चट्टान को तोड़ती रहती हैं। अपक्षयण की क्रियाएँ अत्यन्त महत्त्वपूर्ण होती हैं। पृथ्वी की अधिकांश मिट्टी (soil) और अधौभूमि (sub-soil—आवरण शैल) उन्हीं के द्वारा निर्मित हुई हैं। इसके अतिरिक्त वायु तथा जल द्वारा शीघ्र परिवहन (transportation) होने के लिए चट्टानों का अपक्षयण एक आवश्यक आयोजन है।

वायु के प्रभाव द्वारा किये गये परिवर्तन

(Changes Brought About under the Influence of the Air)

स्थल के तल पर तापमान से बड़े परिवर्तन होते रहते हैं, और ये परिवर्तन धरातल के प्राकृतिक भूवृत्त (Physiography) में महत्त्वपूर्ण होते हैं। कुछ प्रदेशों में पृथ्वी की चट्टानों पर तापमान द्वारा उत्पन्न परिवर्तनों के प्रभाव अन्य प्रदेशों की अपेक्षा अत्यधिक स्पष्ट हैं। किन्तु प्रत्यक्ष रूप में अथवा परोक्ष रूप में वे सभी स्थानों पर महत्त्वपूर्ण हैं !

हिमीकरण और हिम-द्रवण (Freezing and thawing)—अनेक प्रदेशों में जहाँ तल मिट्टी से भली प्रकार ढका है, मिट्टी जाड़े में जम जाती है, अर्थात् मिट्टी में निहित जल जम जाता है जिससे मिट्टी ठोस हो जाती है। जब तक कि मिट्टी जमी हुई है, वह उड़ायी अथवा बहायी नहीं जा सकती है। कम तापमानों में भी अवक्षेपण (precipitation) वर्षा के रूप में न होकर शीन (snow) के रूप में होता है। स्थल पर शीन का तुरन्त वही प्रभाव नहीं पड़ता जो वर्षा का होता है। जब शीन पिघलती है तो तल के ऊपर पानी उसी प्रकार बहता है जैसे वर्षा का पानी बहता है, किन्तु यदि पिघलती हुई शीन के नीचे की मिट्टी जमी हुई है तो बहते हुए जल का प्रभाव सापेक्षतया कम होता है।

जहाँ मिट्टी की परत पतली है अथवा उसका अभाव है, वहाँ पर तल के नीचे जो पानी प्रवेश कर जाता है वह नीचे की चट्टानों की दरारों में जम सकता है। चूँकि पानी जमने के बाद उसके परिमाण (volume) का प्रायः $\frac{1}{10}$ भाग विस्तृत हो जाता है, अतः चट्टान की दरारों (सन्धियों) में जब पानी प्रायः भर जाता है, और जमकर हिम बनता है तो वह हिम एक पञ्चर (wedge—फली) का काम करती है और दरारों को चौड़ा बनाकर अन्त में चट्टान को खण्ड-खण्ड कर देती है। इस प्रकार के प्रभाव प्रायः उन बोटलों अथवा पात्रों के टूटने पर मिलते हैं जिनमें पानी को जमने दिया जाता है। चट्टानों के खण्डित होने की यह क्रिया सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण वहाँ होती है जहाँ आर्द्रता की मात्रा अधिक होती है, और जहाँ तापमान के परिवर्तन जल के हिमांक (freezing point) के ऊपर और नीचे बार-बार होते हैं, अर्थात् मध्यवर्ती अक्षांशों में अथवा उन ऊँचाइयों पर जहाँ कि तापमान मध्यवर्ती अक्षांशों के समान होता है।

शैल का विस्तरण और संकुचन; शैल-विघटन (Expansion and contraction of rock, rock-breaking) — जहाँ पर ठोस शैल के ऊपर हीले पदार्थ का आवरण हलका अथवा न के तुल्य होता है, जैसा कि अनेक खड़े ढालों पर और कुछ अन्य स्थानों पर होता है, वहाँ पर चट्टान दिन में उष्ण और रात्रि में शीतल हो जाती है। अधिक ऊँचाइयों पर और विशेषतया उन ढालों और उत्प्रपातों (cliffs) पर जिन पर दोपहर की धूप पड़ती है, शैल-तल पर तापमान का दैनिक परिवर्तन अधिक होता है। ऐसे स्थानों में शैल-तल (surface of the rock) दिन के समय बहुत गरम हो सकता है। चूँकि चट्टान ऊष्मा का एक कुसवाहक (poor conductor of heat) है, अतः इसका ऊपरी तल ही विशेष रूप में तप्त हो जाता है। ऊष्मा शैल का विस्तार करती है और यह सम्भव है कि जब चट्टान का तप्त भाग विस्तृत हो तो वह

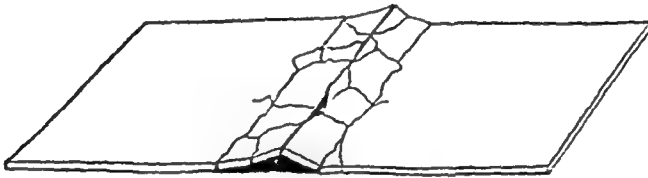


Fig 61

A cement walk broken under expansion by sun-heat

नीचे के शीतल अविस्तृत भाग में अलग हो जाए। दिन के ढलने पर शैल-तल शीतल होकर संकुचित हो जाता है। शैल का सबसे ऊपरी भाग पहले शीतल होता है और सबसे अधिक ठण्डा होता है, और टूटने लगता है। यही सिद्धान्त वहाँ भी काम करता है जबकि ठण्डा शीशा उष्ण जल के स्पर्श में, अथवा गरम शीशा शीतल जल के स्पर्श में टूट जाता है।

जब हिम नहीं भी जमती है तो भी गरम होने में और शीतल होने में चट्टान का विघटन (breaking) एक अति सामान्य प्राकृतिक घटना है। जैसे, गरमी के अति उष्ण दिनों में सीमेण्ट के बने पथों पर सीमेण्ट के खण्ड इस सीमा तक विस्तृत होते हुए देखे गये हैं कि वे टूट जाते हैं (चित्र ६१)। पत्थर की खानों में उनके फर्श की चट्टानें कभी-कभी सूर्य की उष्णता से इस प्रकार फैल जाती हैं कि वह सीमेण्ट खण्डों की भाँति ऊपर उठकर टेढ़ी हो जाती हैं और टूट जाती हैं। शिकागो के समीप चूनापत्थर की खानों में ऐसा बार-बार देखा गया है। यह क्रिया ड्रेनेज



Fig 62

Concentric weathering or
exfoliation of boulder.
Eastern California
(Fan banks)

केनाल (drainage canal) के फर्श पर पानी के अन्दर आने से पहले भी देखी गयी है। धरातल पर पड़े हुए अनेक गोल पत्थर (boulder) वितुषण क्रिया (shelling off) के शिकार होते देखे जाते हैं (चित्र ६२), और यही क्रिया कभी-कभी पर्वत-शिखरो पर भी देखी जाती है (चित्र ६३)। उच्च पर्वतीय प्रदेशों में जहाँ तापमान के परिवर्तन अधिक और आकस्मिक होते हैं, वहाँ पर की चट्टानें नियमित रूप में अधिक टूटती हैं। यह क्रिया इस सीमा तक पायी गयी है कि अनेक तीक्ष्ण पर्वत-शिखरो का तल चटकी हुई (cracked) और टूटी चट्टानों से ढका हुआ है। वे इतनी असुरक्षित होती हैं कि एक स्पर्श अथवा पग अनेक खण्डों को शिथिल कर देगा और वे खण्ड पर्वत से नीचे की ओर गिरने लगेंगे (चित्र ६४)। इस प्रकार के मलबे के ढेर जिन्हें भग्नाश्म राशि (talus) कहते हैं, अनेक पश्चिमी



Fig 63

Exfoliation on a mountain slope Mount Starr-King, Cal.

पहाड़ों के आधारों को कई बीसियों मीटरों तक ढके हुए हैं (चित्र ६५)। भग्नाश्म राशि के गैल-खण्डों का विस्तार छोटे-छोटे टुकड़ों से लेकर टनों भारी खण्डों के आकार में मिलता है।

इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि गैल-विघटन की क्रिया में प्रयुक्त तापमान के परिवर्तन गैल (rock) के तापमान के परिवर्तन हैं, वायु के तापमान के नहीं। सूर्य की धूप में गैल का तापमान उसके ऊपर की वायु के तापमान से विशेष अधिक हो सकता है। अतः वायु इस क्रिया को केवल इस कारण प्रभावित करती है कि वायु का कुछ प्रभाव उस तापमान-परिवर्तन की मात्रा पर पड़ता है जो दिन में

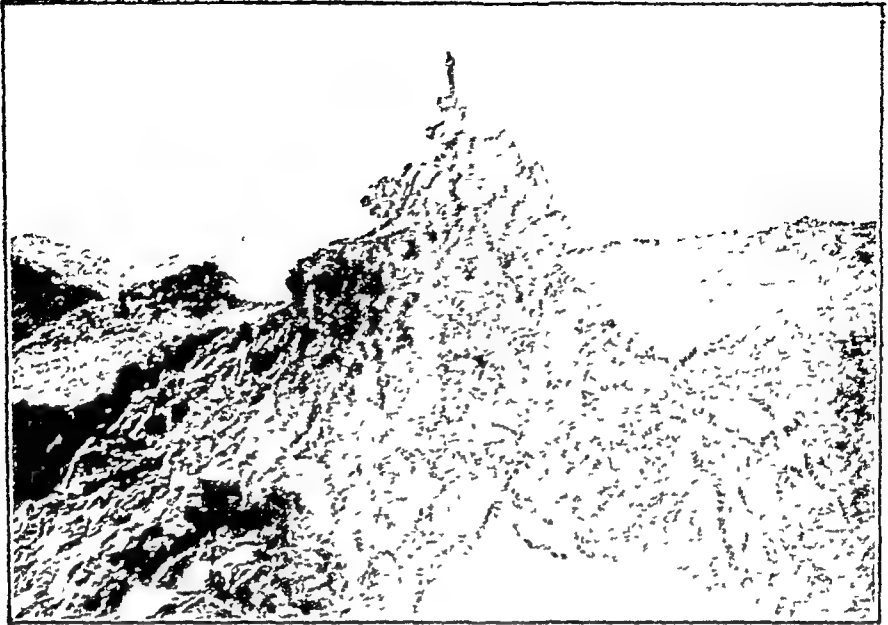


Fig. 64
Crumbling on a mountain top Kearsarge Pass,
Sierra Nevada Mountains.

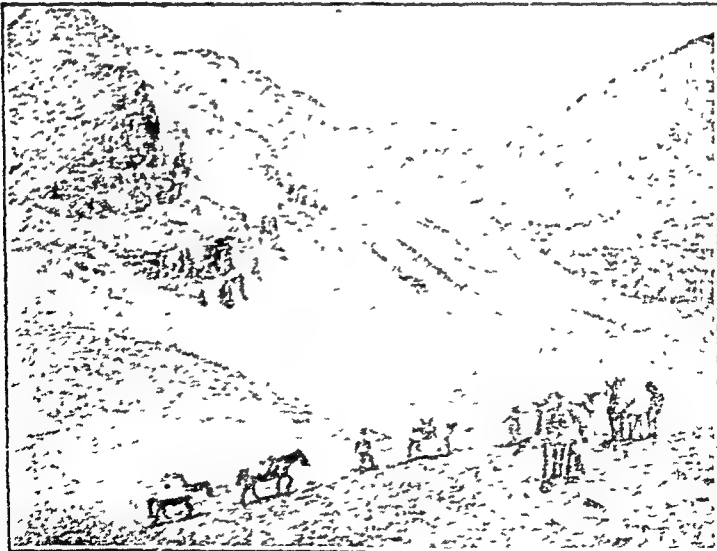


Fig. 65
Talus slope

शैल-तल में मिलता है। घनी [जैसा निम्न तुंगता में (altitude—ऊँचाई)] और आर्द्र वायु, तापमान की चरमताओं (extremes) को कम कर देती है, और अधिक ऊँचाई की हल्की और शुष्क वायु अधिक तापमानान्तर (great range) उत्पन्न करती है। तापमान के प्रभावोत्पादक परिवर्तन, जो दरारों और छिद्रों में जल के हिमीकरण (freezing) से सम्बन्धित नहीं हैं, हिमीकरण से सम्बन्धित परिवर्तनों की अपेक्षा इतनी अधिक बार मिलते हैं कि सम्भवतः शैल-विघटन की क्रिया में वे द्वितीय प्रकार के परिवर्तनों की अपेक्षा विशेष महत्त्वपूर्ण हैं।

शैल-विघटन की यह क्रिया अपक्षयण क्रिया का एक रूप है। इस क्रिया द्वारा शिथिल किया हुआ मलवा यदि वह आगे बढ़ता है तो गुरुत्व के प्रभाव के कारण उच्चतर स्तरों (levels) से निम्नतर स्तरों की ओर बढ़ता है। इस क्रिया का सामान्य प्रभाव यह पड़ता है कि उच्च स्थान निम्नतर होते रहते हैं, और खड़े ढालों के आधारों के समीप के निम्नतर तल ऊँचे होते रहते हैं।

पौधों की जड़ें मिट्टी में प्रवेश कर उसे शिथिल बना देती हैं और इस प्रकार तल के नीचे के भागों में पानी का प्रवेश सरल बना देती हैं। कभी-कभी जड़ें शैल की दरारों में उग जाती हैं और जैसे-जैसे वे बढ़ती हैं, वे पंचुरों (wedges) का काम करती हैं। इस प्रकार बड़ी-बड़ी शैल शिथिल बना दी जा सकती हैं। जब कोई वृक्ष गिर पड़ता है तो भूमि फट जाती है और कई मीटर की गहराई तक शैल पदार्थ (rock material) कभी-कभी जल के हिमीकरण, वायु और वर्षा की क्रियाओं के लिए खुल जाता है। इसके पश्चात्, जब पौधे सड़ते हैं तो अम्ल (acid) बनते हैं जो भूमि के जल की विघटन शक्ति (dissolving power) की वृद्धि करते हैं। विभिन्न प्रकार के ऐसे जीव जो बिल बनाकर रहते हैं (burrowing animals), भूमि को शिथिल करते रहते हैं और पानी के प्रवेश के लिए जलमार्ग (channels) बना देते हैं। चीटी और केंचुए के समान क्षुद्र प्राणी भी इस सम्बन्ध में महत्त्वपूर्ण कार्य सम्पादित करते हैं। मैसाचुसेट्स (Massachusetts) में यह अनुमान किया गया है कि चीटी प्रत्येक वर्ष लगभग ३ सेंटीमीटर की चौड़ाई वाली मिट्टी तल पर ले आती हैं। डारविन ने अनुमान लगाया था कि उस प्रदेश में, जिसका उसने अध्ययन किया था, केंचुए प्रति वर्ष तल के प्रत्येक एकड़ भूमि पर सात से अठारह टन तक पदार्थ नीचे से ऊपर लाते हैं।

सारांश

(Summary)

सामान्यतः वायुमण्डल के कार्य और वायुमण्डल द्वारा नियन्त्रित कार्यों की प्रवृत्ति स्थल के तल को निम्नतर बनाने और तल के पदार्थों को शिथिल करने की होती है ताकि वे अन्य कारकों (agencies) द्वारा सरलता से निम्नतर स्तरों को पहुँचाये जा सकें। वायुमण्डल के परिभ्रंशनकारी कार्य (degradational work) का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण रूप अपक्षयण (weathering) है अथवा ऐसी तैयारी है कि वह परिभ्रंशन (degradation) के अन्य और अधिक शक्तिशाली कारकों द्वारा हटाया जा सके। परन्तु फिर भी, जैसा हम देखेंगे, कि अपक्षयण में वायुमण्डल ही एकमात्र सम्बन्धित कारक नहीं होता है।

भूमिगत-जल की क्रिया (THE WORK OF GROUND-WATER)

सामान्य तथ्य (General Facts)

स्थल पर क्रियाशील कारकों में जल एक सक्रियतम कारक है। वर्षा तथा शीघ्रता से पिघलते हुए हिम के समय प्रत्येक ढाल पर जल की क्रिया देखी जा सकती है। जल की क्रिया प्रत्येक नदी और झीलों एवं मांगरो की लहरों में भी देखी जाती है। मिट्टी में समाया हुआ तथा मिट्टी के नीचे की चट्टानों में स्थित जल भी सक्रिय रहता है, यद्यपि उसके कार्यों का प्रभाव नदियों और लहरों के कार्यों की अपेक्षा कम स्पष्ट रहता है।

स्थल-जल का स्रोत (Source of land-water)—स्थल का जल वायु-मण्डल से पृथ्वी पर गिरा है। वायुमण्डल में सदैव कुछ आर्द्रता जल-वाष्प के रूप में स्थित रहती है। वाष्पीकरण क्रिया (evaporation) द्वारा समस्त आर्द्र तलों से वाष्प निरन्तर वायु में उठती रहती है। वाष्पीकरण क्रिया का वर्णन हम अन्य अध्याय में करेंगे। इस सर्वविदित तथ्य को उदाहरण के रूप में रखा जा सकता है कि धूप में, अथवा किसी उष्ण शुष्क स्थान में, कोई आर्द्र तल शीघ्र ही सूख जाया करता है। आर्द्र स्थल-तलों और जल-तलों में भी सब समय यही क्रिया होती रहती है।

किन्हीं परिस्थितियों में वायु की कुछ आर्द्रता बूंदों के रूप में सघनित (condensed) हो जाती है और वर्षा के रूप में नीचे गिरती है, अथवा वह तापमान, जहाँ पर जलवाष्प का सघनन (condensation) होता है, यदि जल के हिमांक (freezing point) से नीचे होता है, तो सघनन के साथ ही आर्द्रता जम जाती है और बूंदों के स्थान पर आर्द्रता से शीन-लव (snow flakes) बन जाया करते हैं (चित्र ६६)। स्थल पर गिरने वाली वर्षा और हिम (हिम-जल) की औसत मात्रा प्रायः १००० मिलीमीटर (४० इंच) वार्षिक है। दूसरे शब्दों में कहा जा सकता है कि अवक्षेपण (precipitation) (वर्षा तथा हिम) जो स्थल पर प्रत्येक वर्ष गिरता है, वह इतना पर्याप्त होता है कि, यदि वह समान रूप से वितरित हो, तो स्थल के तल के ऊपर वह एक मीटर के लगभग गहराई में पानी की एक परत बना सकता

है। स्थल के ऊपर १,००० मिलीमीटर (४० इंच) पानी का परिमाण (volume) प्रायः १,४५,००० घन किलोमीटर (३५,००० घनमील) होगा। चूँकि नदियाँ प्रायः

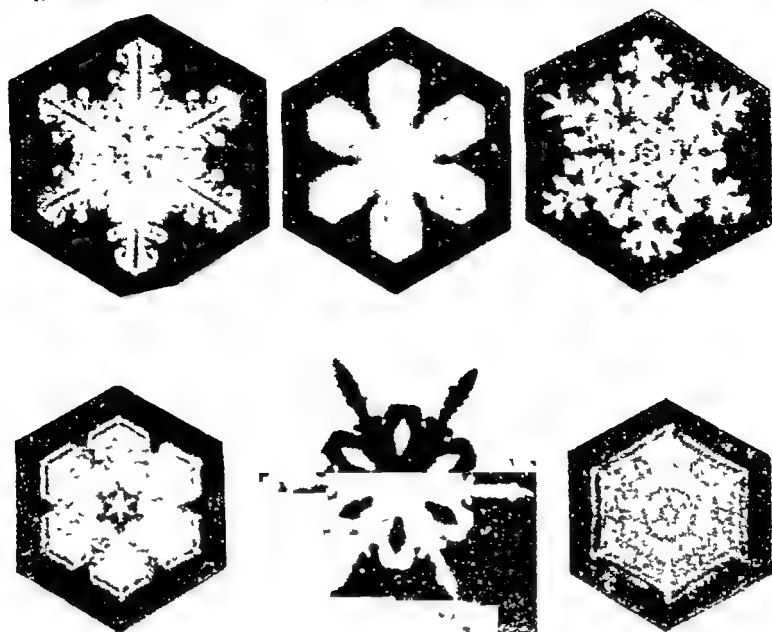


Fig 66

Photographs of snowflakes, showing something of their diversity of form. (Bentley)

२७,१०० घन किलोमीटर (६,५०० घनमील) पानी ही प्रति वर्ष समुद्रों में लाती है, अतः यह स्पष्ट है कि वर्षा के जल का अधिकतर भाग नदियों द्वारा समुद्रों में नहीं पहुँचा करता है।

वर्षा के जल की स्थिति (The fate of rain water)—जो पानी भूमि पर वरसता है वह विभिन्न प्रकारों से अदृश्य हो जाता है। इसका कुछ भाग तुरन्त तल के नीचे चला जाता है, कुछ भाग जलाशयों अथवा झीलों के रूप में उसके ऊपर रहता है, कुछ भाग तुरन्त तल के ऊपर बहने लगता है, और कुछ भाग का वाष्पीकरण हो जाया करता है। अब प्रश्न यह है कि किसी स्थान पर पड़ी वर्षा का कौन-सा अनुपात उपरोक्त प्रत्येक प्रकारों के अनुसार अदृश्य हो जाया करता है। यह क्रिया अनेक परिस्थितियों पर निर्भर रहा करती है, जिनमें से निम्न परिस्थितियाँ प्रमुख हैं—(१) तल की स्थलाकृति (topography of the surface), (२) वर्षा की दर (अथवा हिम के पिघलने की दर), (३) मिट्टी अथवा शैल की जल को सोखने की शक्ति, (४) वर्षा पडने अथवा हिम के पिघलने के समय मिट्टी में पूर्व उपस्थित जल की मात्रा, (५) तल पर वनस्पति की मात्रा, और (६) वायुमण्डल की शुष्कता।

इन बातों पर क्रम से विचार करने से हमें ज्ञात होता है कि -

(१) जिस ढाल पर वर्षा होती है अथवा हिम पिघलती है, वह जितनी ही अधिक ढालू होता है, वहाँ उतनी ही अधिक शीघ्रता से जल वह जाता है और वर्षा अथवा हिम के जल का अधिकांश अनुपात इस मार्ग का अनुगमन करता है क्योंकि जब जल शीघ्रता से बहता है तो उसे पृथ्वी के नीचे प्रवेश करने अथवा वाष्पीकरण का अवसर ही नहीं मिलता है।

(२) जल जितनी ही अधिक तीव्रता से बरसता है, उतने ही कम अनुपात में वह पृथ्वी के भीतर प्रवेश कर पाता है। पृथ्वी के भीतर जल का प्रवेश एक मन्द गति से होता है। उस दशा में जबकि भूमि गठी हुई होती है तो यह गति और भी अधिक मन्द होती है। भूमि जब जल को सोखती है तो जल पहले तल के रन्ध्रों (pores—छेदों) को भरता है और जब तक इन रन्ध्रों का जल और भी अधिक भीतर प्रवेश करने का समय पाकर इनको रिक्त न कर दे तब तक तल और अधिक जल को भीतर ग्रहण नहीं कर सकता है। अतः तीव्र वर्षा में मन्द वर्षा की अपेक्षा तल के भीतर कम पानी प्रवेश कर पाता है और अधिक पानी तल के ऊपर होकर बह जाता है।

(३) मिथिल अथवा खुली हुई मिट्टी (जैसे बालू और बजरी) चिकनी मिट्टी अथवा अन्य ठोस पदार्थों की अपेक्षा जल को अधिक शीघ्रता से ग्रहण करती है। अतः चिकनी मिट्टी वर्षा के अधिकांश जल को तल के ऊपर से बह जाने देती है क्योंकि दी हुई अवधि में वह कम पानी को भीतर प्रवेश करने देती है। यही नहीं, बल्कि एक सरन्ध्र (porous) मिट्टी अधिक जल ग्रहण कर सकती है क्योंकि रन्ध्र स्थान अर्थात् इसके निर्माणक भागों के बीच का स्थान अधिक बड़ा होता है। तापमान के परिवर्तनों के सम्बन्ध में ठोसपन (compactness) की एक विशेष स्थिति उत्पन्न हो जाती है। जब भूमि जम जाती है, अर्थात् जब भूमि में का जल जम जाता है, तो मिट्टी ठोस हो जाती है और उसकी रन्ध्रता कम हो जाती है, और भूतल का जल बहुत कम मात्रा में भीतर प्रवेश कर सकता है, चाहे तल का जल द्रव रूप में ही क्यों न हो। यदि हिम के नीचे की मिट्टी जम गयी है तो हिम के पिघलने से उत्पन्न हुआ जल मिट्टी के भीतर सरलता से प्रवेश नहीं कर पाता है और उसका अधिकांश तल के ऊपर होकर बह जाता है।

(४) यदि मिट्टी के भीतर पहले से ही जल की मात्रा पर्याप्त है, तो कम पानी भीतर प्रवेश कर पाता है और अधिक भाग तल के ऊपर बह जाता है।

(५) वनस्पति तल पर के जल के प्रवाह में बाधा उपस्थित करती है और अधिक समय तक जल को तल के ऊपर रोके रहती है। परिणामस्वरूप, जल को भीतर प्रवेश करने का पर्याप्त समय मिल जाता है, और कम पानी ऊपर ही ऊपर बह जाता है।

(६) यदि वायु बहुत गुष्क है तो वर्षा के जल की अधिक मात्रा प्रत्यक्ष रूप में वाष्प बन जाएगी अतः बहने और सोखने के लिए कम जल बचेगा। वाष्पीकरण

पर शुष्कता का प्रभाव शुष्क (arid) प्रदेशों में स्पष्ट रूप से होता है। वर्षा होने के बाद शीघ्र ही तल सूख जाता है और वहाँ मन्द हिम तनिक समय में ही वाष्पीकरण द्वारा पूर्ण रूप से अदृश्य हो जाती है, चाहे वहाँ का तापमान जल के हिमांक से नीचे ही क्यों न हो।

जो जल भूमि के भीतर प्रवेश कर जाता है वह भूमिगत-जल है, और जो भीतर प्रवेश न करके तल के ऊपर ही वह निकलता है, वह 'तत्काल बह जाने वाला' (immediate run off) जल कहलाता है। अधिकांश भूमिगत-जल अन्त में पुनः तल पर पहुँचता है और इसमें से कुछ तत्काल बहाव के साथ नदियों में मिल जाता है। नदियों द्वारा प्रवाहित समस्त जल, चाहे वह तल के भीतर पहुँचा हो अथवा नहीं, निःस्त्राव (run off—बह जाने वाला) कहा जाएगा।

भूमिगत-जल का अस्तित्व (The existence of ground-water)—यद्यपि अधिकांश प्रदेशों की मिट्टी ऊपरी तल पर शुष्क दिखाई पड़ती है किन्तु वह कुछ सेण्टीमीटरों की गहराई पर कम शुष्क होती है। कुओं जैसे गहरे छिद्रों में पार्श्वों से जल रिस-रिसकर पड़े में एकत्रित हो जाता है। घने वैसे हुए कृषक समुदायों में प्रायः प्रत्येक फार्म पर कुएँ होते हैं और सभी कुओं में जल मिलता है। इलीनोइस (Illinois) में २,५०,००० से भी अधिक फार्म हैं और सम्भवतः वहाँ कुओं की संख्या फार्मों से दुगुनी है। संयुक्त राज्य में कुओं की संख्या कई करोड़ होगी और उनमें से नित्यप्रति निकाले जाने वाले जल की मात्रा भी पर्याप्त है, किन्तु फिर भी कुएँ सूखते नहीं हैं।¹ अधिकांश खानों में भी कुछ गहराई पर जल मिलने लगता है।

भूमिगत-जल का स्रोत (Source of ground-water)—चूँकि वर्षा और पिघलती हुई हिम का जल तल के नीचे निरन्तर रूप से प्रवेश करता रहता है, वर्षा और हिम ही भूमिगत-जल की पूर्ति (supply) के पर्याप्त स्रोत-से ज्ञात होते हैं। इन स्रोतों के अतिरिक्त अन्य कोई स्रोत² ऐसा ज्ञात नहीं है जहाँ से यह जल आता हो। अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि तल के ऊपर का जल ही भूमिगत-जल का स्रोत होता है। अन्य प्राकृतिक घटनाएँ भी इन दोनों के घनिष्ठ सम्बन्ध की ओर संकेत करती हैं। जैसे—सूखा के दिनों में अनेक उथले कुएँ और कुछ स्रोत सूख जाते हैं। जब नवीन वर्षा के कारण सूखा समाप्त हो जाती है, तो इन कुओं में फिर जल भर आता है और वे स्रोत पुनः प्रवाहित होने लगते हैं। इस घटना के द्वारा वायु-

¹ उत्तरी भारत के विशाल मैदान में भी सिंचाई तथा पीने के लिए जल उपलब्ध करने के लिए लाखों की संख्या में कुएँ खोदे गये हैं। इन कुओं से प्रतिदिन बड़ी मात्रा में जल निकाला जाता है तो भी वे सूखते नहीं हैं। —अनु०

² झीलों, नदियों आदि से जल भूमि के नीचे विरली स्थितियों में ही प्रवेश करता है, बल्कि नदियाँ और झीलें भी वर्षा जल से ही पूर्णित हैं, चाहे वह जल उनमें भूमिगत होने के बाद आये अथवा उससे पहले ही। इस प्रकार झीलों और नदियों द्वारा प्राप्त भूमिगत-जल भी वायुमण्डल के अवक्षेपण से ही प्राप्त होता है।

मण्डल के अवक्षेपण (precipitation) और तल के नीचे जल की पूर्ति (supply) के बीच एक प्रत्यक्ष सम्बन्ध स्थापित होता हुआ जात होता है।

जब तल के नीचे प्रवेश करने वाले वर्षा के जल का अनुपात उपर्युक्त वर्णित परिस्थितियों के अनुसार निश्चित होता है, तब ही यह कहा जा सकता है कि तल के नीचे जल की मात्रा, यदि अन्य बातें समान रहे, वही पर अधिक होगी जहाँ अधिक वर्षा होती है। किन्तु किसी प्रदेश में भूमिगत-जल की मात्रा उस प्रदेश में होने वाली वर्षा के ऊपर ही पूर्ण रूप से निर्भर नहीं है। एक स्थान पर बरसने वाला जल भूमिगत-जल के रूप में प्रवाहित होकर अन्य स्थान को जा सकता है। जैसे, राकी पर्वतों में



Fig. 67

Diagram showing how water falling in one place may flow underground to another and there be brought to the surface. The layer *a* is porous, and water entering it in the mountains follows it to the plains.

होने वाली वर्षा का जल भूमिगत-जल के रूप में सरन्ध्र शैल-स्तरो (porous beds of rock) में से प्रवाहित होकर अमरीका के मध्यवर्ती बड़े मैदान में पहुँच जाता है, जहाँ पर यह जल कुओं द्वारा पुनः तल पर लाया जाता है (चित्र ६७)।

भूमिगत-जल का उतार (Descent of ground-water)—भूमि में जल के प्रवेश करने की क्रिया को सरलता से देखा जा सकता है। यह समस्त रन्ध्रो और दरारों के भीतर होकर प्रवेश करता है। भूमि और अधोभूमि में दरारों की अपेक्षा रन्ध्र अधिक होते हैं, किन्तु नीचे की ठोस चट्टानों में दरारें अधिक मिलती हैं, यद्यपि वहाँ रन्ध्र भी हैं किन्तु अधिकांश रन्ध्र दरारों की अपेक्षा बहुत छोटे होते हैं। चूँकि चट्टान की दरारें विभिन्न दिशाओं को जाती हैं, अतः जल का उतार केवल ऊर्ध्वाधर (vertical) ही नहीं अपितु तिरछी दिशाओं में भी होता है। भूमि में प्रवेश करने वाले जल को जहाँ तक ऐसी दरारें, रन्ध्र अथवा किसी प्रकार के छिद्र मिलते हैं जो पहले से ही जल से पूरित न हों, वहाँ तक तो जल नीचे प्रवेश करता जाता है किन्तु ये प्रवेश मार्ग जिनमें ही छोटे होते हैं उतनी ही जल को उनमें से होकर आगे बढ़ने में कठिनाई होती है। उदाहरण के लिए, यदि ठोस मिट्टी अथवा चट्टान के छोटे रन्ध्रों को आकार में आधा कर दिया जाए तो जल के उतार की कठिनाई दो गुनी से भी अधिक बढ़ जाएगी।

सामान्यतः धरातल के निकट की चट्टानों में अधिक गहराई की चट्टानों की अपेक्षा कुछ और अधिक बड़े रन्ध्र होते हैं। परिणामस्वरूप, बढ़ती हुई गहराई के कारण रन्ध्र जैसे-जैसे कम और छोटे होते जाते हैं उसी अनुपात में जल के नीचे उतार की कठिनाई बढ़ती जाती है।

यह निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता है कि दरारे और छिद्र नीचे कितनी गहराई तक मिलते हैं, किन्तु यह सम्भव दीखता है कि एक अथवा दो किलोमीटर तक की गहराई पर सभी छिद्र बहुत छोटे हो जाते हैं, और १६ या २० किलोमीटर (१० या १२ मील) की गहराई के नीचे कोई भी छिद्र नहीं होता है। इस गहराई पर चट्टान १६ या २० किलोमीटर ऊँचे शैल-स्तम्भ (column of rock) के दबाव के नीचे पड़ती है, और ऐसे स्तम्भ का भार इतना अधिक होता है कि किसी भी सामान्य प्रकार की चट्टान में यदि दरार और रन्ध्र बने भी हो तो वे भार के कारण बन्द हो जायेंगे। चूँकि विभिन्न प्रकार की चट्टानों में असमान शक्ति होती है, अतः सम्भवतः विभिन्न प्रकार की चट्टानों में कुछ विभिन्न गहराइयों में रन्ध्र और दरारे पायी जाती हैं, किन्तु सम्भवतः २० किलोमीटर (१२ मील) से अधिक की गहराई में वे किसी भी चट्टान में नहीं मिलती हैं।

इन कारणों से यह सम्भव नहीं है कि जल किसी भी हालत में १६ या २० किलोमीटर की गहराई से नीचे उतरता है, और एक या दो किलोमीटर की गहराई के नीचे भी जल की मात्रा सम्भवतः उस मात्रा से बहुत कम होती है जो उस स्तर के ऊपर मिलती है।

भूमिगत-जल का तल (Ground-water surface)—यद्यपि भूतल के नीचे जल की मात्रा बहुत अधिक है जैसा कि सामान्य प्राकृतिक घटनाओं से स्पष्ट है, फिर भी सरन्ध्र चट्टान और मिट्टी जल से पूर्णतया पूरित बहुत कम रहती है। यह तथ्य इस घटना से स्पष्ट हो जाता है कि अनेक प्रदेशों में कुओं को बीसियों अथवा सैकड़ों मीटर से भी अधिक खोदना आवश्यक हो जाता है, तब जाकर कहीं उनमें जल की पर्याप्त पूर्ति (supply) प्राप्त होती है। तल की मिट्टी केवल भारी वर्षा के तुरन्त बाद के अथवा हिम के पिघलने के समय को छोड़कर, कुछ परिस्थितियों में ही जल से पूरित रहती है।

यदि एक चौरस प्रदेश में, जहाँ मिट्टी और चट्टानें वस्तुतः समान हों, एक कूप-माला (series of wells) खोदी जाए तो उन सबमें जल की निरन्तर पूर्ति प्राप्त करने के लिए उन सबको प्रायः एक ही गहराई तक खोदना पड़ेगा। इसको चित्र ६८ में प्रदर्शित किया गया है।

यदि a स्थान पर कुआँ एक दी हुई गहराई तक खोदा जाए, तो जल की समान पूर्ति के लिए b स्थान पर भी कुआँ लगभग उसी गहराई तक ही खोदना पड़ेगा, c और d स्थानों पर भी अन्य कुएँ लगभग उसी गहराई के होने चाहिए। ऐसी परिस्थिति में विभिन्न कुओं में जल का स्तर लगभग समान ही रहेगा। इसका अर्थ यह है कि उस प्रदेश की चट्टानें और अधोभूमि, विभिन्न कुओं में प्राप्त जल-स्तर के नीचे, जल से पूरित है। किसी

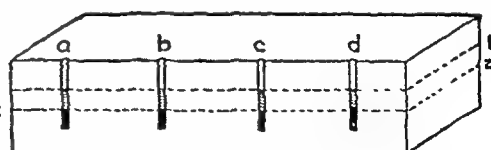


Fig. 68

Represents a series of wells sunk in a flat tract of land

प्रदेश की अधोभूमि का वह तल जिसके नीचे की चट्टानें आदि जल से पूरित हैं, उस प्रदेश का जल-स्तर अथवा अन्तर्भूमि जल-स्तर (water table) कहलाता है। किसी प्रदेश में यह जल-स्तर वास्तविक तल के नीचे ३ मीटर (१० फुट) की गहराई पर ही हो सकता है और किसी में ३० मीटर (१०० फुट) तक की गहराई हो सकती है। शुष्क प्रदेशों में यह स्तर इससे भी अधिक गहरा हो सकता है किन्तु जहाँ पर वर्षा कृषि कार्य के लिए पर्याप्त होती है, वहाँ पर जल-स्तर स्थल-तल से लगभग ७ या ८ मीटर (२० या २५ फुट) से नीचे नहीं होता है।

जहाँ पर तल विषम होता है वहाँ पर अन्तर्भूमि जल-स्तर प्रायः तल के साथ ही ऊँचा-नीचा होता है, किन्तु बहुत कम सीमा तक, जैसा कि चित्र ६६ में दिखाया गया है।

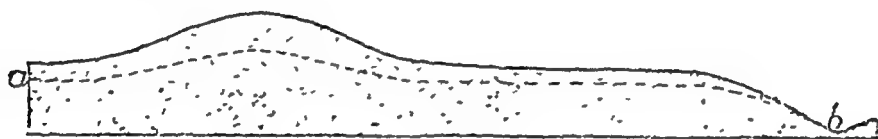


Fig. 69

Diagram illustrating the position of the ground-water surface (the dotted line) in a region of undulating topography.

भूमिगत-जल की मात्रा (Amount of ground-water)—भूमिगत-जल की मात्रा निश्चित रूप से ज्ञात नहीं है, किन्तु जो सर्वोत्तम अनुमान किये गये हैं उनके अनुसार स्थल की मिट्टी, चट्टानों आदि में जो जल उपस्थित है, वह सम्भवतः एक ऐसी परत बना सकता है जो ३०० मीटर (१००० फुट) से अधिक गहरी न होगी^१ और यदि उस जल को स्थल तल पर फैला दिया जाए तो जल की परत शायद उसके आधे से अधिक गहरी न होगी। महासागरीय नितल के नीचे की चट्टानों में जल की मात्रा स्थल-तल के नीचे की चट्टानों की अपेक्षा सम्भवतः प्रति वर्ग किलोमीटर कम है, क्योंकि सम्भवतः नितल के नीचे की चट्टानें कम छिद्रयुक्त होती हैं।

भूमिगत-जल की गतिविधि (Movement of ground-water)—भूमिगत-जल निरन्तर गतिमान रहता है। यह अनेक प्रकार से स्पष्ट है। यदि एक कुएँ का सम्पूर्ण जल निकालकर बाहर कर दिया जाए, तो शीघ्र ही वह अपने पूर्व स्तर तक पुनः भर जाता है, जिससे यह स्पष्ट होता है कि यह नवीन जल कहीं से प्रवाहित होकर आया है। सहस्रो झरनों का प्रवाह सिद्ध करता है कि भूमिगत-जल गतिमान है क्योंकि केवल इसी विधि से झरने जल प्रदान कर सकते हैं। खानों (mines), खदानों (quarries) आदि में जल के रिसने की क्रिया (seepage) से भी यही निष्कर्ष निकलता है।

^१ अनुमानों का विस्तार ६०० से ३० मीटर तक है।

भूमिगत-जल के संचलन के कारणों को सरलता से समझा जा सकता है। वर्षा समान रूप में वितरित नहीं है। यदि एक चौरस प्रदेश में जहाँ जल-स्तर समान अथवा लगभग समान है, स्थानीय रूप में भारी वर्षा हो जाए तो उस वर्षा वाले क्षेत्र की मिट्टी और चट्टानें न्यूनाधिक पूर्ण रूप में जल से पूरित हो जाती हैं। परिणाम यह होता है कि उस प्रदेश में जल-स्तर अस्थायी रूप से ऊँचा उठ जाता है, जैसा कि चित्र ७० के 'c' स्थान पर दिखाया गया है। चूँकि जल चलता-फिरता है और यह

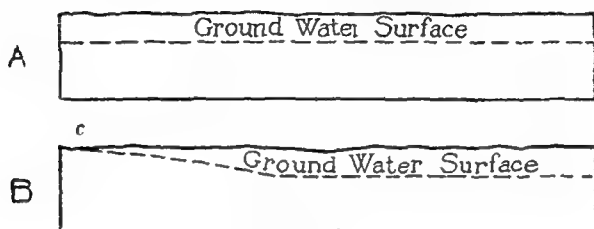


Fig. 70

In the upper part of the figure (A) the water surface is level. If a heavy rain takes place in the area at the left of that represented by the figure, the water surface at the left will be raised as indicated in B. Movement of the ground-water will follow.

अस्थिरता की एक स्थिति है, अतः 'c' स्थान का जल चारों दिशाओं में उन स्थानों को बहने का प्रयत्न करेगा जहाँ जल-स्तर अपेक्षाकृत नीचा है। इसमें वही सिद्धान्त कार्यशील है जो उस समय कार्य करेगा जबकि एक चौरस तल पर एक पानी का भण्डार रख दिया जाए। भण्डार का जल शीघ्रता से फैल जाएगा। अधोभूमि अथवा नीचे की चट्टान में जल उसी प्रकार से फैलने का प्रयत्न करता है जैसे कि वह तल पर करता है, किन्तु नीचे इसकी गति बहुत मन्द होती है क्योंकि जल जिन चट्टानों में होकर गुजरता है उनके द्वारा उसका प्रतिरोध (friction) होता है।

किसी एक सम वर्षा किन्तु विषम तल वाले प्रदेश में जल-स्तर समतल नहीं होता है। अन्य बाने समान होने पर, जल-स्तर उच्च भूमि के नीचे कुछ ऊँचा होता है, और निम्न भूमि के नीचे कुछ नीचा (चित्र ६६)। जहाँ ऐसी स्थिति होती है वहाँ यदि वर्षा न हो तो जल-स्तर अन्त में समतल हो जाएगा, किन्तु आर्द्र प्रदेशों में वर्षा बार-बार होती है, अतः पहाड़ियों के नीचे का जल-स्तर समीपवर्ती निम्न स्थान के नीचे के जल-स्तर के तल पर कभी भी नहीं पहुँच पाता, क्योंकि ऐसा होने से पूर्व ही वह और अधिक वर्षा होने के कारण ऊपर उठ जाता है। वर्षा और स्थलाकृति की असमानताओं के कारण भूमिगत-जल उच्चतर अन्तर्भौम जल-स्तर क्षेत्रों से निम्नतर जल-स्तर क्षेत्रों की ओर निरन्तर गतिमान रहता है।

यद्यपि भूमिगत-जल के प्रवाह का निष्पत्ति मुख्यतः अन्तर्भौम जल-स्तर में होता है, और यद्यपि वह सदैव उच्चतर स्तर से निम्नतर स्तर की ओर बहने की

प्रवृत्ति रखता है, तो भी कुछ परिस्थितियों में वह ऊपर बहने को बाध्य होता है। जैसे, यदि चट्टान की एक सरन्ध्र परत के मध्य से बहता हुआ जल (a, चित्र ६७), दो ऐसे स्तरों (b और c) के बीच में पड़ जाए, जिनमें वह प्रवेश नहीं कर सकता है, तो अपारगम्य (impervious) परत (b) के मध्य कोई मार्ग पाने पर जल ऊपर की ओर वह निकलेगा, और यदि प्राप्ति-स्रोत (source of supply) निर्गम बिन्दु (point of issue) की अपेक्षा बहुत ऊँचा है, तो जल का निकाम प्रबल वेग से होगा। जल केणिका-क्रिया (capillary action) द्वारा भी ऊपर उठता है, किन्तु इतनी मात्रा में नहीं जिससे झरने अथवा दिखाई देने वाले सोते उत्पन्न हो सकें।

कुओं और झरनों द्वारा तल के नीचे से स्थल पर आने वाले जल के अतिरिक्त कुछ जल भूमिगत-जल-प्रवाह के रूप में समुद्रों अथवा झीलों तक पहुँच जाता है और उनके नीचे झरनों के रूप में निर्गमन करता है। कुछ भूमिगत-जल इतनी कम मात्रा में रिसता है कि वह प्रवाहित होता हुआ ही नहीं जान पड़ता है। इस स्थिति में यह जल झरना नहीं बनाता है।

भूमिगत-जल गुरुत्व (gravity) के अतिरिक्त कुछ अन्य शक्तियों के प्रभाव में आकर भी कुछ सीमा तक गति प्राप्त करता है। केणालता (capilarity) से उत्पन्न होने वाली गति के अतिरिक्त, जल का कुछ भाग पौधों की जड़ों द्वारा भी ग्रहण किया जाता है, और पौधों के तनों से गुजर कर उनकी पत्तियों द्वारा वायु में निकल जाता है। कुछ भूमिगत-जल पौधों के माध्यम के बिना ही वाष्पीकरण का प्रत्यक्ष शिकार हो जाता है। उन प्रदेशों में भी जहाँ मिट्टी अत्यन्त शुष्क जात होती है, वाष्पीकरण की क्रिया निरन्तर होती रहती है। उदाहरणार्थ, यदि जल-स्तर १५० मीटर (५०० फीट) है तो नीचे जल-स्तर तक मिलने वाली चट्टानों के रन्ध्र वायु से पूरित होते हैं। नीचे के जल-स्तर से जल वाष्प बनकर चट्टान और मिट्टी के भीतर की वायु में मिल जाता है, और इस प्रकार नीचे की वायु ऊपर की वायु की अपेक्षा अधिक आर्द्र हो सकती है। तब आर्द्रता का ऊपर को विसरण (diffusion) होता है। कुछ परिस्थितियों में भूमिगत-जल सवाहन क्रिया (convection) द्वारा भी ऊपर उठता है।

भूमि से अदृश्य आर्द्रता का उत्कर्ष (rise) एक अत्यन्त माधारण विधि द्वारा सगलता में प्रदर्शित किया जा सकता है। यदि ग्रीष्म की रात्रि में पृथ्वी पर खर का एक कम्बल बिछा दिया जाए, अथवा एक कड़ाही भूमि पर उलटी करके रख दी जाए, तो प्रातः काल सूर्य के ताप का प्रभाव पड़ने से पूर्व अनेक दशाओं में कम्बल अथवा कड़ाही के नीचे का भाग जल की बूंदों से भीगा हुआ मिलेगा। यदि शीतल कम्बल अथवा शीतल धातु उस आर्द्रता को रोकने के लिए वहाँ न होते तो नीचे की वह आर्द्रता अदृश्य रूप में ऊपर की वायु में मिल गयी होती। जहाँ कहीं मिट्टी और उसके नीचे की वायु ऊपर की वायु की अपेक्षा अधिक आर्द्र है, उन सभी स्थल-तलों के ऊपर आर्द्रता इसी प्रकार दिन-रात और प्रत्येक दिन और प्रत्येक रात वायु में मिलती रहती है। इस तथा अन्य विधियों द्वारा भूमिगत-जल की पूर्ति निरन्तर व्यय

होती रहती है। अतः पूर्ति (supply) को स्थित रखने के लिए वर्षा के गिरने के द्वारा अन्य प्रदेश से भूमिगत-जल के प्रवाह द्वारा निरन्तर जल का नवीनीकरण (renewal) आवश्यक है।

ऐसी सम्भावना है कि तल के नीचे जो पानी जाता है वह सब जल प्रायः कभी न कभी इन विधियों में से किसी एक के द्वारा पुनः ऊपर आता है, किन्तु उस जल की कुछ मात्रा ठोस खनिज पदार्थ से मिलकर सम्मिश्रण बना लेती है, जैसे लोहे के साथ मिलकर मोरचा बनाने के उदाहरण में। जब तक वह जल ठोस सम्मिश्रण की स्थिति में रहता है तब तक वह पुनः तल पर नहीं पहुँचता है।

भूमिगत-जल के संचलन की गति में बहुत अन्तर मिलता है और वह मुख्य-तया (१) चट्टान अथवा मिट्टी की रन्ध्रता, और (२) जल के दबाव, पर निर्भर रहती है। पश्चिम में विभिन्न स्थानों पर सिंचाई करने वाली खाड़ों से मिट्टी में होकर नीचे रिसने वाले जल की दर (rate) का पता लगाया गया है। अत्यन्त सरन्ध्र मिट्टी को छोड़कर, यह दर प्रतिदिन एक से लेकर २५ मीटर के विस्तार (range) में मिलती है। अत्यन्त सरन्ध्र मिट्टी में कभी-कभी इसकी गति प्रतिदिन १५ मीटर (४५ फीट) तक की दर में भी मिलती है। दक्षिणी विसकासिन (Wisconsin) और उसके समीपवर्ती दक्षिणी भागों के नीचे के विस्तृत गैल-समूह (formation) पोत्सडैम स्टैण्डस्टोन (Potsdam Sandstone) में, जो अनेक उत्सृत कूप (artesian wells) के उद्गम हैं, भूमिगत-जल के संचलन की दर का अनुमान प्रतिवर्ष ८ किलोमीटर ($\frac{1}{2}$ मील) किया गया है। यदि यह दर ठीक है तो शिकागो से लगभग ३१७ किलोमीटर (२०० मील) दूर जो वर्षा का जल इस गैल-समूह (formation) में प्रवेश करता है, वह प्रायः ४०० वर्षों में शिकागो तक पहुँच सकेगा। जो जल बहुत गहराई तक और बहुत ही छोटे छिद्रों और सन्धियों में प्रवेश कर जाता है, वह अत्यधिक मन्द गति से चलता है और उसका कुछ भाग चट्टान के भीतर बहुत लम्बी अवधि तक फँसा रहता है।

झरने (Springs)

तल के नीचे से निकलता हुआ समस्त जल उत्स्यन्द जल (seepage water—रिसता हुआ जल) कहलाता है। जो जल किसी प्राकृतिक दरार द्वारा इतनी मात्रा में बाहर निकलता है कि उसकी एक स्पष्ट धारा बन जाए, वह झरना कहलाता है। झरने अनेक प्रकार की परिस्थितियों में बन जाते हैं, किन्तु उनकी उपस्थिति आकस्मिक नहीं होती है। वे वही पर मिलते हैं जहाँ कि भूमिगत-जल को तल पर बाहर निकलने के लिए स्वाभाविक (प्राकृतिक) मार्ग मिलते हैं। चित्र ७१ में दो दशाएँ प्रदर्शित की गयी हैं। एक दशा में जल छिद्रयुक्त तल से होकर d स्तर पर उतरता है। स्तर d अपेक्षाकृत ठोस है। जल इस स्तर के साथ-साथ तब तक बहता रहता है जब तक कि वह तल पर नहीं आ जाता, और वहाँ पर जल एक झरना S' के रूप में बह निकलता है। दूसरी दशा में छिद्रयुक्त तल b से होकर जल भूमि के नीचे दबाव की स्थिति में तब तक बहता है, जब तक कि वह एक दरार तक नहीं पहुँचता है

जो (दरार) जल को ऊपर तल तक आने का मार्ग प्रस्तुत करती है। यदि यह दरार इतनी चौड़ी होती है कि वह जल को मार्ग दे सके तो जल उमका अनुसरण तल तक कर सकता है, जैसा S स्थान पर दिखाया गया है। ऐसी स्थिति में झरना बहती पर

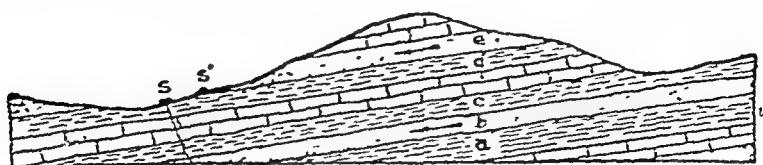


Fig. 71

Diagram to illustrate two types of springs as explained in text.

उत्पन्न होगा जहाँ कि दरार उस चट्टान के जल-स्तर में, जो उसे जल प्रदान करती है, नीचे होगी। चित्र में S स्थान का झरना W स्थान के जल-स्तर में नीचा है। इस पठार का झरना सिद्धान्ततः एक प्रवाहित कुएँ के समान होता है, अन्तर केवल यह है कि कुएँ का विवर (छेद) मानव-निर्मित हुआ करता है।

तापमान (Temperature)—तल के नीचे से निकलते हुए जल का तापमान अति भिन्न-भिन्न होता है। अविकांश झरने गरम मौसम में ठण्डे जान होते हैं। एक लोक-प्रचलित विचार है कि झरने जाड़े की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु में अधिक ठण्डे रहते हैं, किन्तु यह सत्य नहीं है। यह मिथ्या बोध इस कारण उत्पन्न हुआ है कि ग्रीष्म ऋतु में वायु की अपेक्षा जल अत्यधिक शीतल होता है, अतः वह ठण्डा प्रतीत होता है, जबकि शीत ऋतु में कभी-कभी जल वायु की अपेक्षा अधिक गरम होता है, अतः वह ग्रीष्म की अपेक्षा कम शीतल प्रतीत होता है।

जिन झरनों को जल गहरे स्रोतों में प्राप्त होता है उनके तापमान में वर्ष में बहुत कम अन्तर पड़ता है किन्तु वे झरने जिनके स्रोत उथले होते हैं, ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़े में अधिक शीतल हो जाते हैं। इसका कारण यह है कि ग्रीष्म की गर्मी और जाड़े की ठण्डक तल पर अधिकतम विपम होती है और नीचे बहती गहराई के साथ-साथ कम होती जाती है। मध्य अक्षांशों में १५ या २० मीटर (५० या ६० फुट) की गहराई के नीचे ऋतुओं के साथ तापमान का कोई विचारणीय परिवर्तन नहीं होता है। अतः जिन झरनों के जल की पूर्ति अधिक गहराइयों से होती है उनमें तापमान का अन्तर न के तुल्य होता है और जिन झरनों के जल की पूर्ति कम गहराइयों से होती है उनमें तापान्तर अधिक होता है।

असामान्य झरने ओष्ण (warm) और उनसे भी कुछ अधिक असामान्य झरने उष्ण (hot) होते हैं। उष्ण झरनों का जल उष्ण चट्टान के सम्पर्क से अपनी उष्णता प्राप्त करता है। माधारणतया ओष्ण और उष्ण झरनों का जल सम्भवतः पर्याप्त गहराइयों से आता है। अनेक स्थितियों में उष्णता का स्रोत सम्भवतः आग्नेय शैल (लावा) हुआ करती हैं जो अब तक ठण्डी नहीं हुई है। यह वह लावा हो सकता

है जो तल की ओर ऊपर को प्रेरित हुआ था किन्तु तल पर नहीं पहुँच सका अथवा ये उस लावा के अधिक गहरे भाग हो सकते हैं जो तल पर प्रवाहित हो चुके होते हैं।

खनिज और औषधीय झरने (Mineral and medicinal springs)— सभी भूमिगत-जल न्यूनाधिक मात्रा में खनिज पदार्थ चट्टानों से ग्रहण कर अपने में घुला लेते हैं। अतः समस्त झरनों में न्यूनाधिक खनिज पदार्थ घोल के रूप में विद्यमान होते हैं। किन्तु कोई झरना साधारणतया तब तक खनिज झरना नहीं कहलाता है जब तक कि उसमें निम्न बातें न हों

(१) अधिक मात्रा में खनिज पदार्थ, अथवा (२) ऐसे खनिज पदार्थ जो अपने रंग, स्वाद अथवा गंध के कारण ध्यानाकर्षी हों, अथवा (३) खनिज पदार्थ जो झरने के जल में असामान्य हों।

अनेक खनिज झरनों के विषय में यह धारणा उचित ही है कि उनमें बीमारियों को दूर कर सकने वाले गुण होते हैं, अतः उन्हें औषधीय झरना (medicinal spring) कहते हैं। अनेक प्रसिद्ध जल-सेवन तथा आश्रय-स्थान जो असमर्थ रोगियों के निमित्त बने हैं, उष्ण खनिज झरनों पर ही स्थित हैं। दक्षिणी डाकोटा, ऑरकसास और कार्ल्सबाद (बोहेमिया) के उष्ण जल के झरने इसके उदाहरण हैं। अनेक झरने जिनमें गैसें मिली होती हैं उनको खनिज और औषधीय झरने कहते हैं, विशेषतः यदि उनमें कोई दुर्गन्ध पायी जाए। लोक-प्रचलित धारणा के अनुसार झरने में जितनी ही बुरी गन्ध और बुरा स्वाद होगा, उतनी ही औषधीय शक्ति उसमें अधिक होगी। शीतल जल की अपेक्षा उष्ण जल अधिक उत्तम विलायक (solvent) होता है। अतः अधिकांश उष्ण झरनों में खनिज पदार्थ की मात्रा पर्याप्त रहती है।

गरम पानी के झरने या उष्णोत्स (Geysers)—उष्णोत्स सविराम उद्भेदी (intermittently eruptive) उष्ण झरने होते हैं (ऐसे गरम झरने जो रुक-रुक कर चलते हैं)। यलोस्टोन नेशनल पार्क (Yellowstone National Park, U.S.A.) के ऐसे झरने सर्वाधिक रूप में प्रसिद्ध हैं, किन्तु आइसलैण्ड (Iceland) और न्यूजीलैण्ड में भी वे पूर्णतया विकसित हैं। यलोस्टोन पार्क में प्रायः १०० उष्णोत्स हैं और ३००० से ऊपर ऐसे झरने हैं जो उद्भेदी (eruptive) नहीं हैं। कुछ उष्णोत्स ६० मीटर (२०० फीट) अथवा इसमें भी अधिक ऊँचाई तक खोलता हुआ जल और वाष्प उछालते हैं (चित्र ७२), किन्तु यह औसत ऊँचाई से अधिक है।

कुछ उष्णोत्सों से उद्भेदन वारम्बार होता है और कुछ से कभी-कभी। कुछ से उद्भेदन नियमित अन्तर से होता है, और कुछ से अनियमित रूप में। यलोस्टोन पार्क में एक उष्णोत्स का नाम 'प्राचीन विश्वासपात्र' (Old Faithful) है क्योंकि लगभग एक घण्टे के प्रायः निश्चित अन्तर पर उसका जल उछला करता है। किन्तु पहले की अपेक्षा अब उसके उद्भेदन कुछ कम बार और कुछ कम नियमित होते जा रहे हैं। अधिकांश उष्णोत्स जो बहुत समय तक प्रसिद्ध रहे हैं, समय अधिक व्यतीत हो जाने के कारण जल फेकने की क्रिया में निर्बल होते जा रहे हैं।

जो विशेषताएँ अधिकांश उष्णोत्सों में पायी जाती हैं वे निम्नलिखित हैं

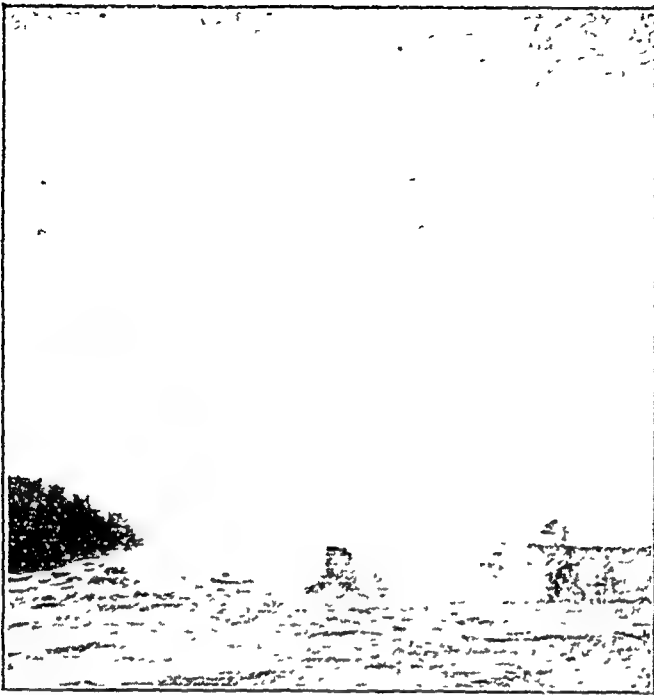


Fig. 72
Giant Geyser, Yellowstone National Park. (*Wineman*)



Fig. 73
Cone (crater) of Castle Geyser, Yellowstone National Park
(*Detroit Photo Co.*)

(१) तल में एक विवर (opening) होती है जो अज्ञात गहराई तक नीचे चली जाती है। यद्यपि कभी-कभी इसको उष्णोत्स नाल (geyser tube) कहते हैं, परन्तु सम्भवतः यह हमेशा नली के आकार में नहीं होती है।

(२) विवर के आसपास एक उथला पात्र (basin) होता है। अनेक दशाओं में यह किसी टीले के ऊपर होता है। कुछ दशाओं में पात्र के स्थान पर एक असमान निच्छिद्रित (perforated) टीला होता है (चित्र ७३ और ७४)। पात्र और टीले दोनों ही खनिज पदार्थ से मिलकर बने होते हैं (साधारणतः सिलिका या सैकजा—Silica)। यह खनिज पदार्थ उष्णोत्स जल के द्वारा निक्षिप्त होता है।

(३) उन्मोचन (फूटने) के समय बहुत-सी भाप और जल साथ-साथ निकलते हैं। वाष्प की शक्ति ही जल को ऊपर की ओर फेंकती है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि (१) भूमिगत-जल किसी उष्णोत्स नाल में उसी प्रकार प्रवेश करता है जैसे किसी कुएँ में, (२) उस नाल के किसी भाग की दीवारें उष्ण होती हैं, (३) जल के ऊपरी सिरे के नीचे नाल का जल नाल के किसी भाग में क्वथनांक (boiling point) तक गरम होता है; और (४) जब ऐसा होता है तो जो वाष्प बनती है वह समस्त जल को ऊपर फेंकती है।

इस सिद्धान्त का प्रदर्शन प्रयोग द्वारा हो सकता है। यदि जल की एक छोटी नली गरम की जाए, तो जल बिना किसी प्रबल उन्मोचन के खौलता रहता है, विशेष-

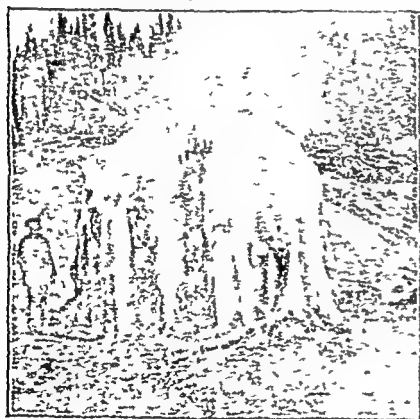


Fig. 74

The cone of Lone Star Geyser,
Yellowstone National Park.

(U. S. Geological Survey)

कर यदि नाल का व्यास बड़ा हो। किन्तु यदि नाल को वालू से भर दिया जाए और फिर वालू में पानी भर दिया जाए और नाल को नीचे में गरम किया जाए तो नाल के भीतर गरम जल का संचलन (संवहन, convection) वालू के कारण अत्यन्त सीमित हो जाता है। परिणामस्वरूप, तल के नीचे पर्याप्त वाष्प बन जाती है और एक लघु उद्गार हो जाता है।

उष्णोत्स उन्ही प्रदेशों में उत्पन्न होते हैं जो अपेक्षित नवीन (recent) ज्वालामुखीय क्रिया के क्षेत्र हैं।

उष्णोत्स के लिए जिस ऊष्मा की

आवश्यकता होती है वह सम्भवतः उस लावा द्वारा मिलती है जो अभी तक ठण्डा नहीं हुआ है। उष्णोत्स का जल गरम होने की क्रिया में उष्ण चट्टान को निरन्तर शीतल बनाता रहता है। कुछ दिनों के बाद वह चट्टान जल को खौला सकने के योग्य उष्ण नहीं रह जाती है। उस दशा में, जब तक कि उष्ण लावा की नवीन पूर्ति (new supply) नीचे से ऊपर को बलात् न आये तब तक उष्णोत्स की क्रिया प्रायः समाप्त

ही हो जाएगी। यलोस्टोन पार्क में कुछ उष्णोत्स समाप्त भी हो चुके हैं और कुछ अन्य उसी प्रदेश में नये भी उत्पन्न हो चुके हैं।

यदि एक पत्थर अथवा मिट्टी का एक टुकड़ा अथवा कोई एक ठोस पदार्थ एक उष्णोत्स में डाल दिया जाए तो प्रायः उसकी गति में कुछ शीघ्रता आने लगती है क्योंकि ऐसी वस्तुएँ नाल के जल के ऊपर की ओर चलने वाले मार्ग में रुकावट डालती हैं। ये वस्तुएँ उष्ण जल को वहीं गोकने में सहायक होती हैं जहाँ पर वह गरम हो रहा होता है। इस प्रकार तल के नीचे किसी स्थान पर वे जल को अपेक्षाकृत कुछ अधिक शीघ्रता से हिमांक (freezing point) पर पहुँचाने में सहायक होती हैं। विज्ञेपतः नावुन के लिए अनुमान है कि वह उष्णोत्स की उद्भेदन क्रिया को अधिक शीघ्रगामी बनाता है। कोई भी वस्तु जो जल को अधिक चिपचिपा बनाती है, वह उद्भेदन की गति को तीव्र कर देती है, क्योंकि एक पतले तरल पदार्थ की अपेक्षा एक घने तरल पदार्थ में संवाहन कम स्वतन्त्रता से होता है।

उत्त्लुत तथा बहते हुए कूप (Artesian and flowing wells)—जब किसी कुएँ का पानी इतना ऊपर उठ जाए कि जल कुएँ के बाहर निकलने लगे तो कुओं बहता हुआ कहा जाता है। बहते हुए कूप उन झरनों से भिन्न नहीं होते, जिनका जल निकलने समय टोंटी के समान ऊपर उठता है। इन दोनों में प्रमुख अन्तर यही होता है कि झरने का विवर प्राकृतिक होता है, किन्तु कूप का मानव-निर्मित। पहले उत्त्लुत कूपों को बहते हुए कूपों से भिन्न नहीं माना जाता था। उत्त्लुत कूप का नाम फ्रांस के आर्टोइस (Artois) स्थान से लिया गया था, जहाँ इस प्रकार का एक प्रसिद्ध कुआँ था। अब उत्त्लुत (artesian) कूप का नाम साधारण तथा गहरे कुओं के लिए प्रयुक्त होता है चाहे वे बहते हों अथवा बहते न हों।

बहते हुए कुओं के लिए

सामान्य आवश्यक परिस्थितियों का निदर्शन चित्र ७६ में किया गया है। वे निम्न हैं :

(१) जल का एक सरन्ध्र स्तर अथवा परत—(a) जो एक अपारगम्य परत (impervious layer) के नीचे हो, (b) जो जल को ऊपर निकलने से तब तक रोक रहे जब तक कि कूप-छिद्र (well-hole) के लिए उसे छेदा न जाए।

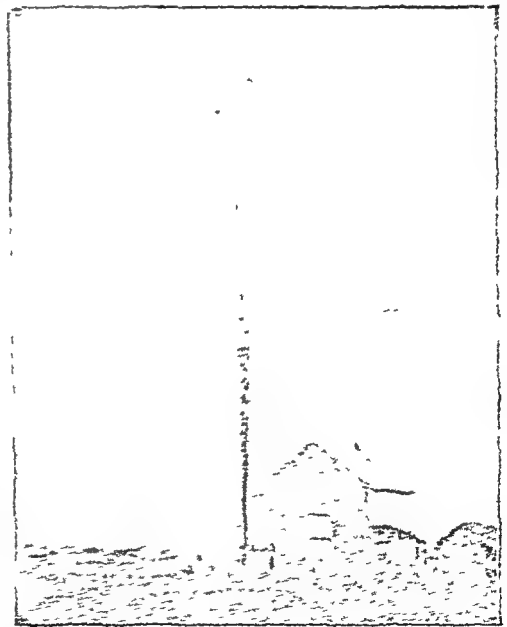


Fig. 75

Artesian well at Woonsocket, S. D.
(U. S. Geological Survey)

(२) सरन्ध्र स्तर-तल पर किसी ऐसे प्रदेश में अवश्य आ जाए जो कूप की स्थिति से कुछ ऊँचा हो ।

(३) जहाँ सरन्ध्र स्तर-तल पर आता हो वहाँ पर्याप्त वर्षा होती हो जो उसे भलीभाँति जल से पूरित रखे ।

इन परिस्थितियों में *a* स्तर में *w* के नीचे का जल उसी स्तर के उच्चतर स्तरों के जल के दबाव में है और यदि नीचे इस स्थान तक एक छिद्र बना दिया जाए तो जल ऊपर की ओर बढ़ेगा (चित्र ७५) । सामान्यतः यह आवश्यक नहीं है कि जल-पूर्ण *a* स्तर के नीचे की परत का अधिक विचार किया जाए । यदि यह सरन्ध्र जल की परत है तो साधारणतः यह जल से पूरित रहती है अतः *a* स्तर के जल के नीचे के बहाव को रोकती है ।

कूप का जल इतना ऊँचा नहीं उठेगा जितना ऊँचा *a* का जल-स्तर है, क्योंकि जब जल जल के लघु विवरों (रन्ध्रों और लघु दरारों) में से होकर बहता है तो

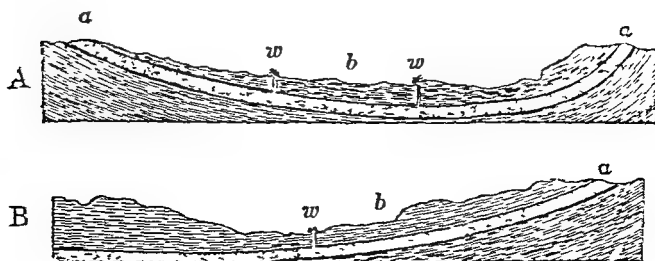


Fig 76

Diagrams illustrating the conditions favourable for artesian wells. In A, the porous bed *a* is in the form of a basin; in B, it merely dips.

प्रतिरोध के कारण उसकी शक्ति कम हो जाती है । सामान्यतः प्रति १½ किलोमीटर में लगभग ३० सेण्टीमीटर की छूट की जानी चाहिए, अर्थात् यदि पूर्ति का उद्गम स्रोत १६० किलोमीटर (१०० मील) दूर है तो उस स्थान पर जल-स्तर कुएँ के शीर्ष (top) की अपेक्षा प्रायः ३० मीटर (१०० फुट) अधिक ऊँचा होने पर ही जल प्रवाहित हो सकेगा । यदि जल से पूर्ण स्तर *a* अत्यन्त सरन्ध्र (छिद्रयुक्त) है तो प्रतिरोध के कारण की जाने वाली छूट कम होती है, और यदि वह घने कणों वाला (close-grained) है तो प्रतिरोध से शक्ति-क्षीणता अधिक होती है ।

उत्सृत कूपों की गहराइयों में पर्याप्त अन्तर मिलता है । वे केवल कुछ ही मीटर या सहस्रों मीटर गहरे हो सकते हैं । वर्लिन में एक उत्सृत कूप की गहराई १,३०० मीटर (४००० फुट) से अधिक है । सैण्टलुईस में एक कूप प्रायः १,२०० मीटर और सिनसिनाटी में प्रायः ७५० मीटर (२५०० फुट) गहरा है । शिकागो

मे अधिकतम गहरा कूप प्राय. ८०० मीटर (२७०० फुट) गहरा है। न्यू जरसी (New Jersey) में अनेक बहते हुए कुएँ हैं, जो ३० मीटर (१०० फुट) से भी कम गहरे हैं।

अनेक गाँव और छोटे नगर उत्सृत कूपों में अपना जल प्राप्त करते हैं। चार्ल्सटन (Charleston), एस० सी० (S. C.), गैल्वेस्टन (Galveston) और फोर्ट वर्थ (Fort Worth), टेक्सास (Texas), केमडिन (Camden), एन० जे० (N. J.), रॉकफोर्ड (Rockford), और इल (Ill) उन नगरों में से हैं जिन्हें पूर्ण या आंशिक रूप में इस प्रकार से जल उपलब्ध होता है। लेकिन न्यूयार्क (New York), चिकागो (Chicago), फिलाडेलफिया (Philadelphia) आदि जैसे विशाल नगरों को इस प्रकार के कूपों से जल नहीं मिलता और न ऐसा होना सम्भव ही है।

कैलीफोर्निया के कुछ भागों की ही भाँति बड़े मैदान (great plains) के अर्द्ध-मरुस्थली प्रदेश में तथा पश्चिम के विभिन्न अन्य राज्यों में उत्सृत कूपों के जल से विस्तृत भू-भागों की सिंचाई की जानी है।

भूमिगत-जल की क्रिया

(The Work of Ground-Water)

रासायनिक क्रिया (Chemical Work)

विलयन (Solution) — यद्यपि शैल स्थिरता की प्रतीक ज्ञात होती है, फिर भी कुछ न्यून मात्रा में उस भूमिगत-जल में प्रविलीन (dissolved) हो जाती है जो इसमें होकर बहता है, जैसा कि झरनों के विषय में वर्णन करते हुए कहा गया है। खनिज पदार्थों का प्रविलयन शुद्ध जल से सरलता से नहीं होता किन्तु अधोभौमिक जल शुद्ध नहीं होता है। वायुमण्डल के मध्य से गिरते हुए जल में कार्बन-डाई-आक्साइड, आक्सीजन तथा अन्य गैसें प्रविलीन हो गयीं, और मिट्टी में से गुजरते हुए इसमें पौधों के सड़े भाग मिल गये। इस प्रकार जब वह अधोभौमिक जल बना तब उसमें अनेक अशुद्धियाँ आ गयीं। इन अशुद्धियों के विलयन के कारण, शुद्ध जल की अपेक्षा भूमिगत-जल अधिकांश प्रकार की शैल को अधिक सरलता से प्रविलीन (dissolve) कर लेता है। उदाहरण के लिए, शुद्ध जल सामान्य चूने के पत्थर पर कुछ ही प्रभाव डाल पाता है, किन्तु यदि जल में कार्बन-डाई-आक्साइड का विलयन हो तो जल कुछ सीमा तक इस शैल को भी प्रविलीन कर लेता है। उतरता हुआ जल जिन चट्टानों में से होकर गुजरता है, उन चट्टानों को, तथा कुछ चट्टानों के खनिजों को अधिक विलयन के पूर्व ही रासायनिक रूप से परिवर्तित कर देता है, किन्तु सदैव ही ऐसा नहीं होता है।

भूमि से निकले हुए जल के रूप में भी यह सिद्ध होता है कि जल शैल के कुछ पदार्थों को प्रविलीन करता है। जब कुओं अथवा झरनों के जल का वाष्पीकरण किया जाता है तो उसमें प्रायः कुछ अवशिष्ट शेष रह जाता है। वाष्पित्र (boiler) और

उरवा (kettle), जिनमे जल गर्म किया जाता है, के भीतरी भाग के आवरण पर, कुछ काल के उपरान्त, यह क्रिया स्पष्ट दिखाई पड़ती है। यह आवरण उस खनिज पदार्थ से बन जाता है जो जल में विलयन के रूप में था और जब जल गर्म किया गया और उसका वाष्पीकरण हो गया तो वह पदार्थ अवशिष्ट रह गया। वास्तव में सभी झरने खनिज झरने हैं, और सभी कुएँ खनिज कूप हैं, क्योंकि भूमि से निकाले गये सभी जल में खनिज पदार्थ मिला रहता है।

विलयन के प्रभाव से शैल सरन्ध्र बन जाती है। इस प्रकार से विकसित सरन्ध्रता के चरम उदाहरण तल के नीचे पायी जाने वाली कन्दराओ और नालियो में मिलते हैं। दक्षिणी इण्डियाना, (Wyandotte और अन्य गुफाएँ) और केण्टुकी (मैमथ तथा अन्य गुफाएँ) की बड़ी गुफाएँ (चित्र ७७) भूमिगत-जल की क्रिया के ही उदाहरण हैं। इस प्रकार की गुफाएँ चूने के पत्थर वाले प्रदेशों में ही

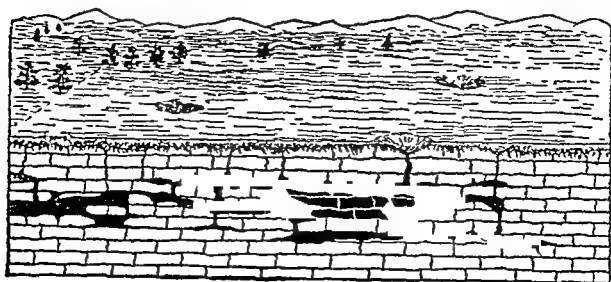


Fig 77

Diagram to illustrate the form and relations of caverns developed by solution. The black spaces represent caverns. Some limestone sinks are represented at the surface where the roofs of caves have fallen in.

विशेषकर पायी जाती है क्योंकि सामान्य शैलो में चूने का पत्थर ही सर्वाधिक प्रविलीन (soluble—घुलनशील) होने वाली शैल होती है। जहाँ गुफाएँ और कन्दराएँ नहीं भी बनी हैं, वहाँ छोटे रन्ध्र और गड्ढे असंख्य हो सकते हैं। अतः विलयन का प्रभाव शैल को निर्बल बना देता है, और अन्त में उसे विघटित (crumble) कर देता है।

किन्हीं-किन्हीं अधोभौमिक गुफाओं की छतें गिर पड़ती हैं, और तल में एक विशेष अवतरण-रन्ध्र (sink—गड्ढा) बन जाता है। इनको 'चूनापत्थर के घोल-रन्ध्र' (limestone sink) (चित्र ७८) कहते हैं। इस प्रकार के अवतरण-रन्ध्र उन प्रदेशों की विशेषता हैं जहाँ गुफाएँ मिलती हैं। किन्हीं-किन्हीं स्थानों पर वे इतने अनगिनत हैं कि तल की भूमि कृषि के लिए अत्यधिक गड्ढेदार बन जाती है। उदाहरण के लिए, इस प्रकार की स्थिति केण्टुकी और टेनेसी के कुछ भागों में मिलती है (पृष्ठ ६)। चूनापत्थर के प्रदेशों में अनेक अवतरण-रन्ध्र उस विलयन के परिणाम

हैं जो चट्टान की दरारों में होकर भीतर जाने वाले जल के द्वारा होता है, और गुफाओं से उसका कोई सम्बन्ध नहीं होता है।

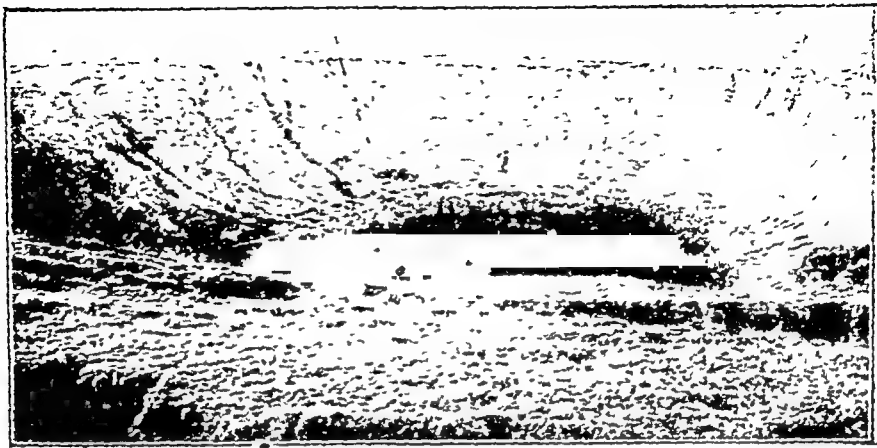


Fig. 78

A sink-hole of recent development near Meade, Kan.
(Johnson, U. S. Geological Survey)

एड्रियाटिक समुद्र (Adriatic Sea) के सिरे के उत्तरी-पूर्वी भाग में स्थित कार्स्ट (Karst) नाम के क्षेत्र में एक ऐसा स्थल-खण्ड है जिसके नीचे सफेद चूना-पत्थर की तह है जो मिट्टी से प्रायः मुक्त है। प्रदेश की वर्षा का अधिकांश जल तल के नीचे चला जाता है, और जल के नीचे जाने से पहले और बाद की विलायक (solvent) क्रिया के कारण ही इस प्रदेश की विशिष्ट ऊबड़-खाबड़ स्थलाकृति विकसित हुई है। अनेक छोटी-छोटी नालियाँ, उपघाटियाँ (ravines) और घाटियाँ चूने के पत्थर में अचानक समाप्त हो जाती हैं और उनका जल गुफाओं अथवा अधोभौमिक सुरंगों में चला जाता है। गड्ढों की भरमार है और उनमें से कुछ तो सैकड़ों मीटर गहरे हैं। गर्तों के ढाल और तदनुसार उनके बीच की ऊँचाइयों के ढाल बहुत सीधे हैं, अतः तल अत्यन्त विषम हो गया है। इस प्रदेश के समान और उसी प्रकार से विकसित स्थलाकृति को कभी-कभी कार्स्ट स्थलाकृति (Karst topography) कहते हैं।

कुओं, झरनों आदि द्वारा तल पर लाये गये खनिज पदार्थों की मात्रा बहुत विशाल है। स्विटजरलैण्ड में ल्यूक (Leuk) के झरनों द्वारा प्रतिवर्ष घोल के रूप में तल के ऊपर २,००० टन से अधिक जिप्सम (gypsum) [एक जलीयित चूर्णातु शुल्बीय (a hydrated sulphate of calcium)] बाहर आता है। उसी प्रकार से ही बाथ (इंग्लैण्ड) के झरने घोल के रूप में इतना पर्याप्त खनिज पदार्थ ऊपर लाते हैं कि यदि उसको जल से अलग कर लिया जाए और उसका एक स्मारक बना दिया जाए तो वह ३ मीटर (१० फुट) व्यास और लगभग ४५ मीटर (१४० फुट) ऊँचाई का एक स्तम्भ बनायेगा।

तल के नीचे से ऊपर आने वाले जल का अधिक भाग नदियों में पहुँचता है और नदियों के जल में घोल के रूप में मिले हुए खनिज पदार्थ का अधिकतर भाग उस भूमिगत-जल से आता है जो नदियों में पहुँचा है। अनुमान है कि नदियाँ प्रति वर्ष समुद्र में घोल के रूप में प्रायः पाँच अर्ब (billion—अरब) टन खनिज पदार्थ ले आती हैं। किन्तु यह विशाल मात्रा भी भूमिगत-जल की समस्त विलायक क्रिया का प्रतिनिधित्व नहीं करती है, क्योंकि जल को जो खनिज पदार्थ का प्रविलयन करता है, उसका अधिक भाग भूमि के नीचे ही निक्षिप्त हो जाता है। इसके कारणों का वर्णन शीघ्र ही आयेगा।

प्रतिवर्ष स्थल से समुद्र को घोल के रूप में खनिज पदार्थों की इस मात्रा का स्थानान्तरण (transfer) स्थल को अवश्य ही नीचा करता रहता है। स्थल से समुद्र को इस मात्रा का स्थानान्तरण यह प्रकट नहीं करता है कि समुद्र का नितल उसी मात्रा में ऊँचा उठता होगा क्योंकि कुछ खनिज पदार्थ समुद्र के जल में घोल के रूप में वर्तमान रहता है। उदाहरण के लिए, लवण खनिज पदार्थों में से एक है, जिसे नदियाँ समुद्र में लाती हैं, किन्तु उस लवण का जिसे नदियों द्वारा युगो से समुद्र में लाया गया है, अधिकतर भाग सम्भवतः आज भी घोल के रूप में विद्यमान है।

इसके विपरीत समुद्र में लाये गये खनिज पदार्थ का बड़ा भाग, विशेषतया चूर्णालु प्रॉंगारिय (calcium carbonate—खडिया), समुद्री जानवरों और पौधों द्वारा शक्ति (shells), चोल (tests), हड्डियाँ आदि बनाने में प्रयुक्त होता है और अन्त में ये वस्तुएँ समुद्र-नितल पर जा पड़ती हैं।

निक्षेपण (Deposition)—खनिज पदार्थों के प्रविलयन और उसके अधिकांश भाग को दूर ले जाने के अतिरिक्त, भूमिगत-जल पृथ्वी की चट्टानों में अन्य परिवर्तन भी करता है। यदि किसी रसायन-प्रयोगशाला में विभिन्न प्रकार के घोल एक परीक्षण-नाल (test tube) में मिला दिये जाएँ तो घोल के कुछ पदार्थों के अवक्षेपित (precipitated—ठोस) होने की सम्भावना है। तल के नीचे की चट्टानों में भी यही बात घटित होती है। उदाहरण के लिए, यदि विभिन्न दिशाओं से जल शैल की किसी दरार के भीतर प्रवेश करता है, और यदि ये विभिन्न जल घोल के रूप में विभिन्न खनिज पदार्थ ले आये तो जल के मिश्रण द्वारा रासायनिक परिवर्तन हो सकते हैं, जिसके कारण कुछ पदार्थ घोल से बाहर निकल आता है और दरार में निक्षिप्त हो जाता है।

निष्कर्ष यह निकलता है कि जहाँ एक ओर भूमिगत-जल खनिज पदार्थ के प्रविलयन द्वारा चट्टानों को सख्त बनाता है, वहाँ दूसरी ओर जल अपने में सन्निहित खनिज पदार्थों को घोल से निक्षेप कर, जैसे रन्ध्रों और दरारों में, चट्टानों को सुसह्य (compact—गठीला) भी बनाता है। कुछ स्थानों में इनमें से प्रथम क्रिया अधिक प्रभावोत्पादक है और अन्य में दूसरी क्रिया। सामान्यतया भूमिगत-जल सम्भवतः तल के समीप की शैल की रन्ध्रता बढ़ाता है (प्रमुखतः भूमिगत-जल तल के ऊपर),

और अधिक गहराइयों पर जल की सहति (compactness—सघनता) को बढ़ाता है। कुछ स्थितियों में निक्षेपण का प्रभाव चट्टानों के जिथिल भागों को एक साथ जोड़ता है (cements together), और सम्पूर्ण जल को अधिक दृढ़ बना देता है। जैसे, बालू बलुआ पत्थर के रूप में और बजरी (gravel) सम्पीडिताग्रम (conglomerate) के रूप में सज्जिल्ट हो सकते हैं।

घोल से निक्षिप्त खनिज पदार्थ जल की जिन दरारों को पूरित करता है, वे खनिज 'जिराएँ' (veins) बन जाती हैं और अनेक चट्टानें इन जिराओं से पूर्ण होती हैं (चित्र ७६)। कुछ जिराओं में धातुक (ores—कच्ची धातुएँ) मिलते हैं, और अनेक खाने उनमें स्थित हैं। अधिकांश सोना, चाँदी, सीसा, जस्ता आदि धातुएँ ऐसी

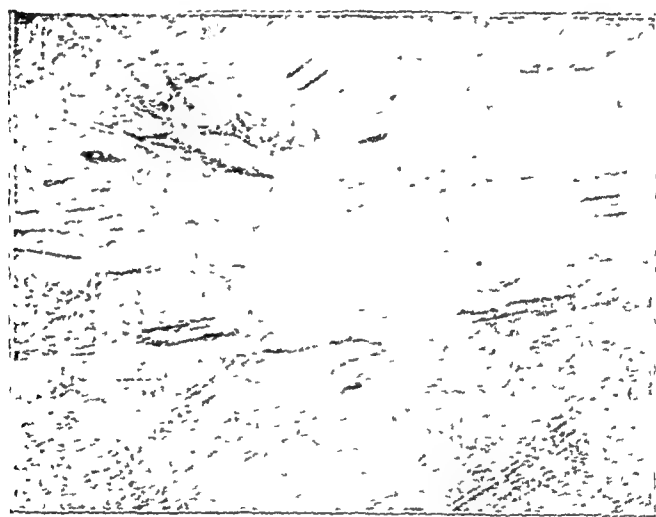


Fig. 79

A piece of rock showing many veins—the white streaks. The vein filling is calcite. Near Highgate Springs, Vt. (Walcott, U. S. Geological Survey)

ही स्थितियों में मिलती हैं। ये धातुएँ अथवा जो यौगिक (compounds) इनको धारण करते हैं, वे खनिज पदार्थ की बहुत बड़ी मात्रा से सम्बन्धित रहते हैं, जो कि मूल्यवान् नहीं होती है। किन्तु मूल्यवान् धातुओं को प्राप्त करने के लिए खनिज पदार्थ की उस विशाल मात्रा को अलग करना आवश्यक है। घोल का खनिज पदार्थ गुफाओं में निक्षिप्त हो सकता है (चित्र ८०)। गुफाओं की अनेक अति आकर्षक विशेषताएँ, जैसे अवजल (stalactites), उच्छैल (stalagmites), दीवारों पर स्फाट (crystals) आदि, घोल के निक्षेपण द्वारा ही बनी हैं।

घोल के खनिज पदार्थों का निक्षेपण विभिन्न परिस्थितियों द्वारा निश्चित होता है, जिनमें से अधिक महत्त्वपूर्ण निम्नांकित है :

(१) यदि जल का वाष्पीकरण हो जाता है तो उसमें घुला हुआ खनिज

ये छोटे-छोटे पौधे किसी विधि द्वारा जो स्पष्ट नहीं है, जल से खनिज पदार्थ को निकाल लेते हैं और उसे निक्षिप्त होने को बाध्य करते हैं (चित्र ७३, ७४, ८१ और ८२)। ये कुछ सरलतर और अधिक प्रसिद्ध परिस्थितियाँ हैं जिनमें भूमिगत जल द्वारा चाहे वह तल के नीचे हो अथवा बाहर निकल आया हो, घोल का खनिज पदार्थ निक्षिप्त होता रहता है।

विलयन और निक्षेपण एक ही समय और एक ही स्थान पर भी साथ-साथ होते रह सकते हैं, अर्थात् जल उसी समय कुछ पदार्थों का प्रविलयन करता रह सकता है जबकि वह अन्य पदार्थों का निक्षेपण भी कर रहा होता है। इस भाँति एक प्रकार की शैल अन्य प्रकार की शैल में परिवर्तित हो सकती है। इस क्रिया की

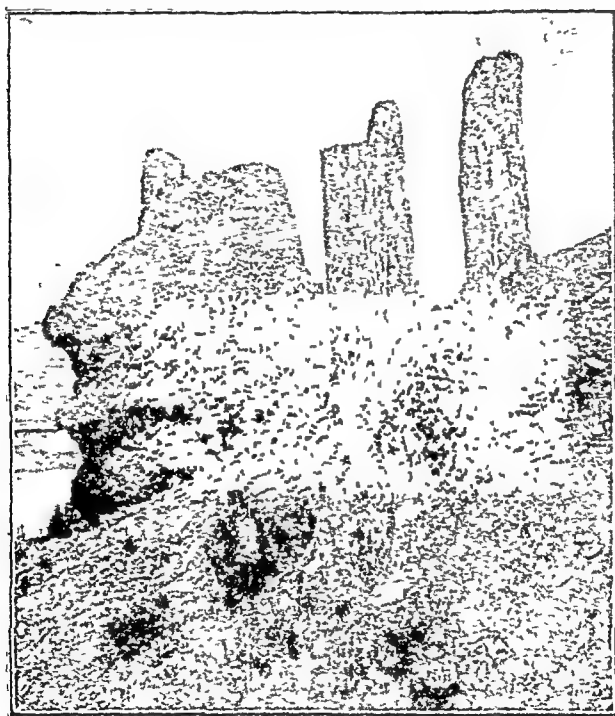


Fig. 83

Petrified tree-trunks, Yellowstone National Park.
(U S Geological Survey)

एक विशेष अवस्था का परिणाम अग्मीभवन (petrification—पत्थर के रूप में परिवर्तित होने की क्रिया) होती है। इस प्रकार एक दबी हुई शक्ति (shell) अथवा मूँगा का द्रव्य (substance) परिवर्तित हो सकता है, जबकि उसका आकार (form) सुरक्षित रहता है। दूसरा उदाहरण काष्ठाग्न (petrified wood) द्वारा मिलता है (चित्र ८३), इसमें काष्ठ का द्रव्य खनिज पदार्थ द्वारा प्रतिस्थापित

(replaced) हो जाता है। सम्भवतः ऐसे परिवर्तन मन्द गति से होते हैं, जैसे-जैसे काष्ठ पदार्थ क्षय होता जाता है वैसे ही वैसे कण-कण करके घोल का खनिज पदार्थ उसमें प्रतिस्थापित होता जाता है।

अन्य परिवर्तन (Other changes)—विलयन द्वारा चट्टानों से खनिज पदार्थ को कम करने और अन्य स्थानों में प्रविलीन (dissolved) किये हुए खनिज पदार्थ के निक्षेपण द्वारा कुछ स्थानों की चट्टानों में पदार्थ की वृद्धि करने के अतिरिक्त जल चट्टानों में और भी अन्य परिवर्तन पैदा करता है। वह कतिपय खनिजों के साथ सम्मिश्रण (combination) बनाता है और उनके स्वरूप (character) को भी परिवर्तित कर देता है। इस क्रिया (जलीयन—Hydration) का उल्लेख वायु की क्रिया के सन्दर्भ में पहले ही किया जा चुका है। तल के नीचे की आर्द्रता बहुत कुछ उसी प्रकार से खनिजों को प्रभावित करती है जैसे वायु की अथवा तल पर की आर्द्रता करती है। इस प्रकार के सभी परिवर्तन, जो शैल की रचना अथवा उसके खनिजों के परिवर्तन में उत्पन्न होते हैं, रासायनिक परिवर्तन हैं। भूमिगत-जल द्वारा किये गये रासायनिक परिवर्तनों का सामान्य परिणाम, वायु द्वारा किये गये रासायनिक परिवर्तनों के परिणाम के समान ही शैल को विघटित करना है। इस प्रकार के परिवर्तन तल के समीप सर्वाधिक महत्वपूर्ण हैं। यह परिवर्तन भूमिगत जल के तल पर और उसके ऊपर विशेष रूप से होता है।

सारांश—उपरोक्त अनुच्छेदों से यह स्पष्ट हो जाता है कि भूमिगत-जल चट्टानों में विभिन्न परिवर्तन करता है। जलपूरित चट्टानों को वास्तव में एक प्रकार की विशाल रासायनिक प्रयोगशाला समझा जा सकता है जिसमें विलयन (घोल) बनाये जाते हैं और वे विलयन एक स्थान से दूसरे को ले जाये जाते हैं, और जाने की क्रिया में साथ-साथ परिवर्तन भी करते चलते हैं। परिणामस्वरूप, शैल का मन्द किन्तु निरन्तर परिवर्तन होता रहता है। समय की विस्तृत अवधि में इन परिवर्तनों की विशालता से प्रभावित होकर एक महान भूविज्ञानविद् (Geologist) ने कहा है, “पर्याप्त समय दिये जाने पर समार में कोई भी अन्य वस्तु चट्टानों से अधिक परिवर्तनशील नहीं है।”

वलकृत क्रिया (Mechanical Work)

घर्षण (Abrasion)—भूमिगत-जल की वलकृत क्रिया अपेक्षाकृत कम महत्व की है। जल विरली स्थितियों में ही पर्याप्त धाराओं में सकेन्द्रित (concentrated) होता है। किन्तु जहाँ पर जल इस प्रकार सकेन्द्रित होता है, वहाँ अन्तर्भौम (under-ground) धाराएँ प्राप्त किये गये तलछट की सीमित मात्रा का परिवहन और निक्षेपण करती हैं।

अवपतन (अचानक गिरने की क्रिया), स्खलन (सरकना) आदि (Slumping, sliding etc)—अप्रत्यक्ष रूप में भूमिगत-जल अन्य प्रकार के परिवर्तनों में भाग लेता है। जब एक खड़े ढाल की मिट्टी और मृत्तिकामय पदार्थ जल से पूरित हो जाते हैं तो उनका भार अत्यधिक बढ़ जाता है। उस समय जल उनको अधिक गतिमान

(mobile) बना देता है। ऐसी परिस्थितियों से कभी-कभी पदार्थ ढाल के नीचे की ओर सरकता है। इस प्रकार के संचलन को अवपतन अथवा स्खलन कहते हैं। यदि संचलन बड़े पैमाने पर होता है तो उसे भूमि-स्खलन (Land-slide) कहते हैं। अदृढीभूत (unconsolidated) पदार्थ, जैसे मृत्तिका (clay) अथवा शिथिल चट्टान के सकलनो (accumulations) द्वारा निर्मित ढालों पर अवपतन (slumping)



Fig. 84

South face of Landslip Mountain, Colo. The protruding mass on the right has slumped down. (U. S. Geological Survey)

अधिकतर होता ही रहता है (चित्र ८४)। भूमि-स्खलन एक विशेष प्रकार की स्थलाकृति उत्पन्न करते हैं।

अनेक विध्वसात्मक भूमि-स्खलनों के उदाहरण मिलते हैं और उनमें से किसी एक के सम्बन्ध की कुछ बातें सभी घटनाओं का निदर्शन (illustrate) कर सकती हैं। २६ अप्रैल, १९०३ को कनाडा राज्य के अलबर्टा प्रान्त में टर्टिल पर्वत (Turtle Mountain) पर एक स्खलन हुआ था। पदार्थों की एक विशाल राशि, लगभग एक मीटर वर्गिकार और सम्भवतः १२० से १५० मीटर (४०० से ५०० फुट) गहरी, अचानक एक पर्वत के पूर्वी ढलवाँ भाग से छिन्न हो पड़ी और नीचे की घाटी में नीचे सरक गयी। वह उस एक मीटर की चौड़ी घाटी को पार कर गयी और दूसरी ओर कुछ सौ मीटर ऊँची भी उठ गयी। जब वह स्थिर हुई तो उसने एक वर्ग किलोमीटर से कुछ अधिक क्षेत्रफल को घेर लिया था। स्खलन की लम्बाई प्रायः ४ किलोमीटर थी और यह अनुमान किया गया है कि इस स्खलन में १०० सैकड़ों से अधिक समय नहीं लगा था। ऐसा विश्वास किया जाता है कि इससे पूर्व वर्ष की भारी

जल-वृष्टि ने जैल को आर्द्रता से पूरित कर दिया था और स्वलन से कुछ ही पूर्व, भूचाल के कम्पनों ने, इस दुर्घटना को मन्निकट ला दिया था। पर्वत के आधार में खानों की खुदाई के लिए बनायी गयी विस्तृत मुरगो आदि ने भी नीचे की संगचना को कमजोर बनाकर इस दुर्घटना के होने में सम्भवतः सहयोग प्रदान किया हो। अनेक जीवन नष्ट हुए थे और अनेक भवन ध्वंस हो गये थे।

तल की भूमि शीघ्र गति से नीचे खिसकने की अपेक्षा अत्यन्त मन्द गति से नीचे की ओर सरक सकती है। इस प्रकार के संचलन को सर्पण (creep—रेगना) कहते हैं। सामान्यतः यह इतना मन्द होता है कि देखा नहीं जा सकता है, किन्तु इसके परिणामस्वरूप ढालों के आधारों (bases) पर आवरण जैल, विणेषतः मृत्तिका पदार्थ, का संचलन हो जाता है। एक परिस्थिति में (रिमनी बाटी, वेल्स) सर्पण की गति, जहाँ वह एक रेलमार्ग को प्रभावित करनी थी, पचास वर्षों में २ से ३ मीटर निश्चित की गयी है। उमी प्रकार का एक संचलन अब गोल्डेन, कोलोरेडो (Golden, Colorado) से कुछ किलोमीटर दूर एक रेल-मार्ग को निरन्तर व्याघात पहुँचा रहा है।

ढालों पर शिथिल तल-पदार्थ का नीचे की ओर का संचलन बहुत साधारण है। अनेक स्थानों पर इससे ढाल के वृक्ष कुछ नीचे की ओर को झुक जाते हैं (चित्र ८५)। ऐसा सम्भवतः कुछ अंश तक इस कारण है कि आवरण जैल का ऊपरी भाग, जिसमें वे वृक्ष लगे थे, निचले भाग की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से नीचे को सर्पण करता है।



Fig. 85

Trees tipping down slope. North of Chicago. (Coxe.)

अवपतन (slumping), स्वलन (sliding) और सर्पण (creeping) की समस्त घटनाओं में संचलन को उत्पन्न करने वाली शक्ति गुरुत्व (gravity) होती है। जल केवल उन परिस्थितियों को प्रस्तुत करने में सहायक होता है जिनमें गुरुत्व की क्रिया प्रभावोत्पादक हो सके। जल संचलन को सरलतर बना देता है।

अवपतन से घनिष्ठ रूप में सम्बन्धित गुरुत्व क्रिया का एक अन्य रूप है जिसका वर्णन यहाँ किया जा सकता है, यद्यपि उसका भूमिगत-जल से कोई सम्बन्ध नहीं है। उत्प्रपातो (cliffs) के सिरो से चट्टानों के खण्ड और बड़ी मात्राएँ प्रायः नीचे बैठ जाती हैं (चित्र ८६)। दरारों में भूमिगत-जल के जमने से उत्प्रपात के सिरे की



Fig 86

Mass of rock settling off the face of a cliff. The rock is limestone, the layers being nearly horizontal. The open cracks are largely the result of solution and weathering. East Tensleep Creek, Bighorn Mountains, Wyo (Hole)

चट्टानों के अपपाटन (pry off—सूक्ष्म निरीक्षण) में सहायता मिलती है, और विलयन दरारों को चौड़ी बना देता है। दरारों में जड़ों के जमने का प्रभाव भी जल के जमने के के समान होता है, इससे भी उत्प्रपात के सिरो की णिथिल मात्राओं के अपपाटन (pry off) में सहायता मिलती है। ऐसी परिस्थितियों में दरारों अथवा संधियों का अस्तित्व हिम, जड़े, घोल आदि को प्रभावोत्पादक बनने में सहायता पहुँचाता है।

अपक्षयण (मौसमीक्षरण)

(Weathering)

अपक्षयण की कुछ क्रियाओं का उल्लेख पहले ही हो चुका है, किन्तु साराण रूप में यह कहा जा सकता है कि रासायनिक परिवर्तन [जारण, प्रागरीयण आदि (Oxidation, Corbonation etc)] जो वायुमण्डल द्वारा शैल में होते हैं, वायुमण्डल के प्रभाव के अन्तर्गत तापमान की विपमताओं द्वारा किये गये बलकृत परिवर्तन (mechanical changes), और भूमिगत-जल द्वारा किये गये रासायनिक एवं बलकृत परिवर्तन, सभी मिलकर खुली शैल के तल को इस प्रकार परिवर्तित कर देते हैं कि वह नष्ट हो जाती है। हम पहले ही देख चुके हैं कि अनेक खेतों के गोल पत्थरों

(boulders) के तल छिन्न हो रहे हैं अथवा वह गूहे हैं, और अनेक के रंग का परिवर्तन हो रहा है जबकि बाहरी रूप में वे दृढ़ दिखाई पड़ते हैं। पत्थर की खानों में पत्थरों की ऊपरी परतें अक्सर टूटी रहती हैं, अथवा उनका रंग नीचे वाली परतों में भिन्न होता है। अनेक प्राचीन समाधि-शिलाओं (tombstones) जो केवल कुछ ही विंशक (२० वर्ष) पुरानी हैं, के लेख अस्पष्ट हो गये हैं और उनमें से कुछ उन शिलाओं से पूर्णतया विलीन हो गये हैं। शिला-निर्मित भवनों की दीवारों, स्मारकों और अन्य पत्थर की बनी रचनाओं से, समय-समय पर पत्थर के पत्र (flakes) छिन्न होते हुए दिखाई पड़ते हैं। इन सभी परिस्थितियों में शिलाओं में परिवर्तन हुआ है जिसके कारण इनका बाह्य भाग नष्ट हो रहा है। वे ममस्त विधियाँ, जो हम परिणाम को उत्पन्न करती हैं, अपक्षयण (weathering) कहलाती हैं।

शिला के अपक्षयण का बड़ा महत्त्व होता है। अधिकांश भूमि छोड़ी हुई (weathered) शिला है और यदि जैल छोड़े नहीं तो अधिकांश स्थल-भाग मिट्टी और वनस्पति में गूँथ हो जाएगा। हम यह देख चुके हैं कि शिला का अपक्षयण पवन के कार्य को अत्यधिक सरल बना देता है। वह पदार्थ को इतना बारीक बना देता है कि वह पवन द्वारा उड़ाया जा सके, यद्यपि यह मनुष्य के लाभार्थ नहीं होता है। जैसा कि हम अगले अध्याय में देखेंगे, अपक्षयण बढ़ते हुए जल द्वारा स्थानान्तरण के लिए भी पदार्थ प्रस्तुत करता है। अपक्षयण, वायु और जल के अपक्षरण (erosion) के साथ ही साथ अनेक अद्भुत दृश्य-चित्रों (sceneries) के निर्माण के लिए उत्तुंगदायी होता है (चित्र १३४ और १३५)।

अपक्षयण को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting weathering)—शिलाओं के स्थायित्व (durability) में महान् अन्तर है। एक ही रचना (composition) की एक छोटे-छोटे चिकने दानों (fine-grained) शिला की अपेक्षा एक खुरदरी मोटे दानों वाली (coarse-grained) शिला शीघ्रता से क्षय होती है। मधियों और दरानों द्वारा पारगत (traversed) जैल, दृढ़, अपारगम्य (impervious) जैल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से परिवर्तित होती है। कुछ शिलाएँ, जैसे चूनापत्थर, अपेक्षाकृत विलेय (soluble) पदार्थों की बनी होती हैं। जहाँ तक कि विलयन, अपक्षयण का एक प्रतिकारक (factor) है, प्रथम प्रकार की शिलाएँ द्वितीय प्रकार की शिलाओं की अपेक्षा शीघ्रता से क्षीण होती हैं। ठण्डी जलवायु हिम के पच्चर-कार्य (wedge-work) के अनुकूल हुआ करती है किन्तु वह वनस्पति के विकास और रसायनिक परिवर्तनों के प्रतिकूल होती है। शीतल और शुष्क प्रदेशों की अपेक्षा उष्ण एवं आर्द्र प्रदेशों में जैल-अपक्षयण (rock decay) अधिक शीघ्रता से होता रहता है; किन्तु तापमान के परिवर्तनों के कारण जैल-विघटन (rock breaking) शुष्क प्रदेशों में, जहाँ दैनिक तापमान की विषमताएँ बहुत होती हैं, पर्याप्त प्रभावशाली होता है। मरुस्थलों में वायुद्वारा (wind blown) बालू द्वारा शिलाओं का घर्षण महत्त्वपूर्ण है। साधारणतया और सम्भवतः नर्म शिलाओं का अपक्षयण शीत एवं समशीतोष्ण प्रदेशों की अपेक्षा उष्ण और आर्द्र प्रदेशों में अधिक

शीघ्रता से होता है, परन्तु उष्ण और आर्द्र प्रदेशों में अधिकांश शैल, अपक्षयण की कुछ क्रियाओं के होते हुए भी, भूमि एवं अधोभूमि की मोटी परतों द्वारा सुरक्षित रहती है।

शिलाओं की स्थलाकृतिक (topographic) स्थितियाँ (positions) भी शैलों की अपक्षयण की गति पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालती हैं। खड़े ढालों पर जिस शीघ्रता से मलबा बनता है, उसी गति से प्रायः वहाँ घुल भी जाता है और नग्न शिला निरन्तर खुली रहती है, किन्तु मैदानों में ठोस शैल सम्भवतः आवरण शैल (mantle rock) के नीचे गहराई में दबी रहती है और इस प्रकार वे अपक्षयण की कुछ क्रियाओं से सुरक्षित रहती हैं।

अपक्षीण (weathered) शैल के तल के स्तर की मोटाई में भी पर्याप्त अन्तर मिलता है। यह अन्तर ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक शायद ही होता है और साधारणतः यह मोटाई बहुत कम होती है। अनेक स्थानों पर आवरण-शैल की गहराई अपक्षीण पदार्थ के परिवहन की तुलना में शैल के अपक्षयण की अधिकता को प्रकट करती है।

चूँकि स्थल के अधिकतर भागों के ऊपर आवरण शैल का ढक्कन है, अतः यह परिणाम निकलता है कि औसत रूप में शैल-अपक्षयण परिवहन द्वारा अधिक होता है। चूँकि जब शैल परिवर्तित होती अथवा घिसती है तो बहुत-सा पदार्थ घोल अथवा अन्य प्रकार से दूर चला जाता है, अतः चट्टानों के मलबे का कुछ मीटर नाश (destruction) अनेक मीटर ठोस शैल के नाश को प्रकट कर सकता है।

बहते हुए जल की क्रिया (THE WORK OF RUNNING WATER)

स्थल की सर्वाधिक व्यापक प्राकृतिक आकृतियों में नदियाँ प्रमुख हैं। केवल मरुस्थलों में, जैसे सहारा अथवा गीनलैण्ड जैसे क्षेत्रों में, जो अधिकतर हिम से आच्छादित हैं, ऐसे विस्तृत भूखण्ड मिलने हैं जो नदियों से रहित हैं। कुछ नदियाँ

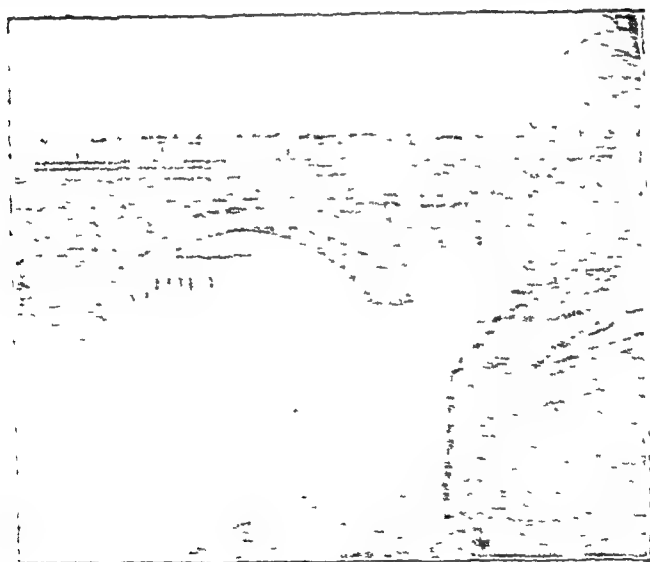


Fig. 87

The Passaic River in flood. Little Falls. N. J. 1902.

जैसे मिनीसिपी और आमेज़न बहुत बड़ी हैं किन्तु अधिकांश नदियाँ छोटे आकार की हैं। सहस्रों गड्ढे (creeks) और नाले (brooks), जिनमें से कुछ का स्रोत राजी पर्वतों में है, कुछ का अपेलेशियन पर्वतों में और कुछ का नव्यवर्ती मैदानों और पठारों में है, अपना जल मिनीसिपी नदी में लाते हैं। अन्य भागों पर भी यही कम मिलता है। प्रत्येक बड़ी नदी अनेक छोटी नदियों से जल प्राप्त करती है।

मिनीसिपी क्षेत्र (basin) की नदियों ने प्रारम्भिक खोज करने वालों, व्यापारियों और अन्य देशों में जाकर बसने वाले लोगों का पथ-प्रदर्शन किया और

इसी कारण से वाद मे विशाल वाणिज्य और राजनीतिक महत्व की सिद्धि हुई । अन्य देशों की अनेक बड़ी नदियों ने भी इतिहास मे इसके समान ही कार्य किये हैं ।

कुछ नदियों का प्रवाह इतना मन्द है कि वे अपनी घाटियों मे अधिक परिवर्तन करती हुई ज्ञात नहीं होती, परन्तु कुछ नदियाँ अपने किनारों को इतनी शीघ्रता से काटती (wear away) है कि उनके द्वारा किये गये परिवर्तन प्रत्येक वर्ष देखे जा सकते हैं, अथवा जब नदी बाढ़ मे हो तो प्रतिदिन अथवा प्रति घण्टा भी देखे जा सकते हैं । नदियों की शक्ति ऐसे अवसरों पर प्रायः विध्वंसकारी होती है (चित्र ८७ और ८८) । कभी-कभी वे पुलों और बाँधों को बहा ले जाती हैं, और कभी-कभी इमारतों को भी । असामान्य वर्षा, जैसे कि वृष्टि-स्फोट (cloud burst), के पश्चात् आकस्मिक वेगधारा (torrent) की शक्ति के कारण पुलों की बल्लियाँ और शलाकाएँ (beam and rods) और रेलमार्गों की फौलादी पटरियाँ इस प्रकार झुक जाती हैं मानो वे टहनियाँ (twigs) हो (चित्र ८९) ।

औसत रूप मे, अनुमान किया गया है कि नदियाँ प्रतिवर्ष समुद्र मे लगभग २७,१०० घन किलोमीटर पानी भेजती हैं । स्थल की औसत ऊँचाई प्रायः समुद्र-तल से ८ किलोमीटर है । अतः यह २७,१०० घन किलोमीटर पानी समुद्र मे पहुँचने से पूर्व औसतन लगभग ८ किलोमीटर नीचे उतरता है । इस दूरी से गिरने मे जल की शक्ति (energy) बहुत बड़ी होती है । यदि हम जल की इस मात्रा को ८ किलोमीटर से तनिक कम की ऊँचाई से ऊर्ध्वाधर रूप (vertically) मे गिरते हुए अनुमान करे तो यह बात समझ मे आ जाएगी । नदियों के जल मे शक्ति की वही मात्रा होती है जो इस जल मे उस समय होती जबकि वह ऊर्ध्वाधर रूप मे गिरता । यह शक्ति अधिकतर घाटियों के किनारों और नितलों (bottoms) के पदार्थों को काटने मे व्यय होती है, इसलिए इसकी शक्ति विशाल है और स्थल के तल पर इसका प्रभाव स्पष्ट है ।

नदियाँ पर्वतों, पठारों और मैदानों मे बहती हैं और जहाँ कहीं भी वे बहती हैं, वे अपने अनोखे ढंग से तल को थोड़ा बहुत परिवर्तित कर देती हैं । पर्वतों, पठारों और मैदानों मे बहते हुए जल द्वारा उत्पन्न स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographic features) बहुत कुछ समान होती हैं, और जब हम इनमे से किसी एक प्रदेश की इन आकृतियों का अध्ययन करते हैं तो वास्तव मे हम सिद्धान्त रूप मे उन सभी प्रदेशों के विषय मे अध्ययन करते हैं ।

सरिता-जल के स्रोत (Sources of river water)—अधिकांश नदियाँ अपने जल की बहुत बड़ी मात्रा शीघ्र वरसे हुए जल के बहाव से और भूमिगत-जल से प्राप्त करती हैं और अनेक नदियों मे जलाशयों, झीलों, हिम-क्षेत्रों और हिम नदियों से जल आता है । उदाहरणार्थ, मिसिसिपी नदी मे इन सभी स्रोतों से जल आता है । तात्कालिक निस्काव (immediate run-off), भूमिगत-जल, झीलों और हिम नदियों आदि सभी जल की इकाइयों के स्रोत वर्षा और हिम ही होते हैं । अतः

नदियाँ अपने जल की प्राप्ति के लिए वायुमण्डलीय अवक्षेपण (atmospheric precipitation) पर निर्भर होती हैं।

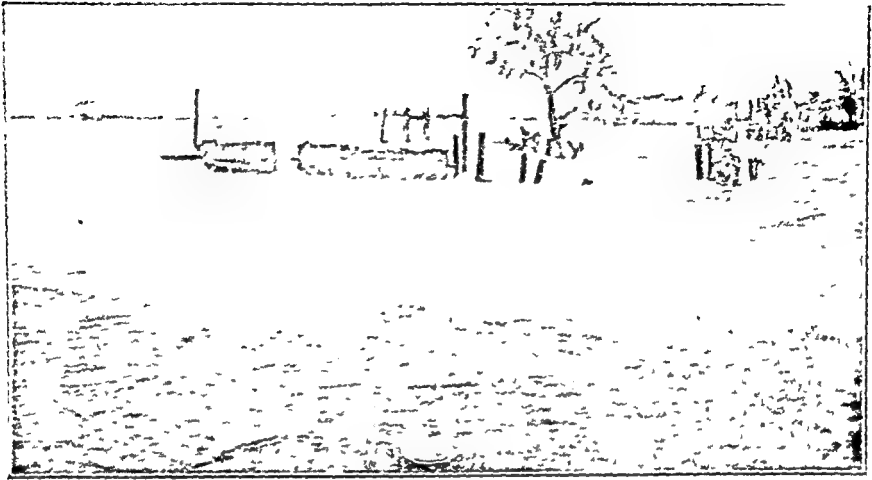


Fig. 88

A raging river. Flood of the Mississippi River, breaking through its levees.

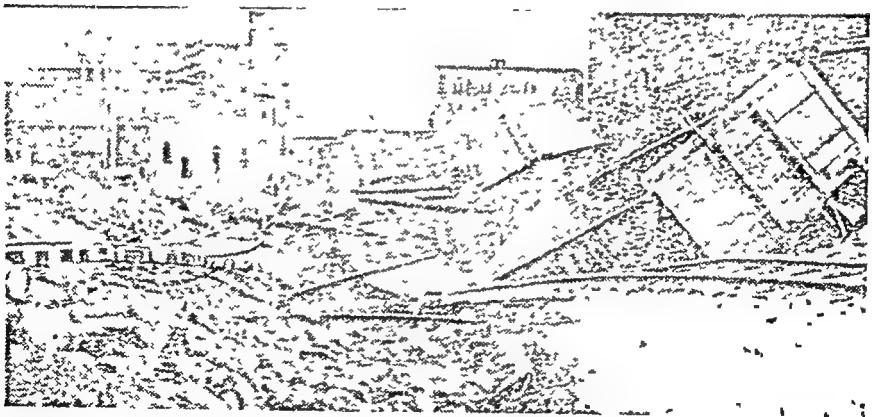


Fig 89

Scene in the freight-yards of Kansas City after the flood of 1903.
(U. S. Weather Bureau)

वर्षा और नदियों के बीच के प्रत्यक्ष सम्बन्ध का अनुमान विभिन्न परिचित प्राकृतिक घटनाओं से किया जा सकता है। (१) कम वर्षा वाले प्रदेशों

(चित्र ९१) की अपेक्षा अधिक वर्षा वाले प्रदेशो (चित्र ९०) में नदियों की संख्या अधिक हुआ करती है। (२) प्रत्येक भारी जलवृष्टि तथा शीघ्रता से पिघलती हुई हिम के प्रत्येक काल में, अनेक छोटी नदियाँ उत्पन्न हो जाती हैं। (३) नदियाँ वर्षा के बाद उमड़ आती हैं। भारी वृष्टि के पश्चात् यह उमड़ सर्वाधिक होती है। (४) अनेक वे छोटी सरिताएँ जो वर्षाकाल में प्रवाहित होती हैं, सूखा के समय में शुष्क हो जाती हैं अथवा उनमें पानी की मात्रा कम हो जाती है।

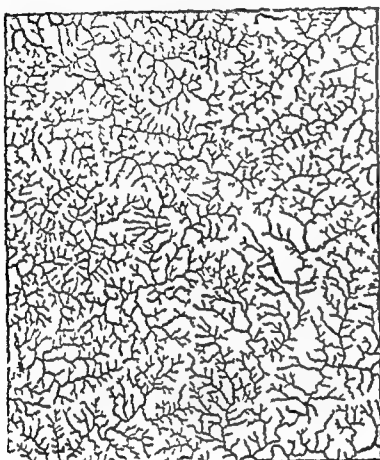


Fig. 90

Fig. 90. Map showing the many streams of a humid region. Central Kentucky. The area is about 225 square miles.

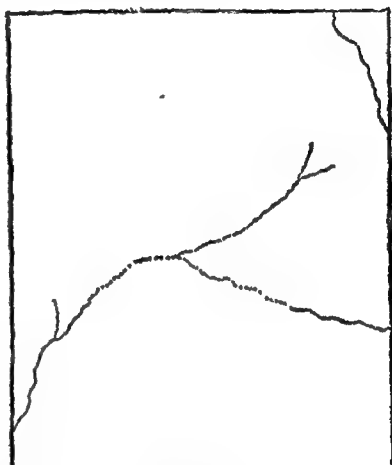


Fig. 91

Fig. 91. Map showing the few streams of an arid region. Northern Arizona. The area is as great as that shown in Fig. 90.

सूखा के समय जिन नदियों में निरन्तर, जल-प्रवाह होता रहता है, उनमें से अधिकांश नदियों को जल प्रधानतः झरनों, झीलों अथवा उनके उद्गम के समीप हिम के पिघलने से प्राप्त होता है।

स्थल पर जल के बहने का कारण तल का ढाल होता है। यदि किसी तल का ढाल पूर्णतया समतल (even) हो तो किसी वृष्टि का तात्कालिक निस्काव (immediate run-off) एक 'चादर' के रूप (चौड़ाई) में प्रवाहित होगा। कुछ ढाल इतने चिकने होते हैं कि उन पर गिरा हुआ जल इसी प्रकार से बहता है। किन्तु अधिकांश ढालों पर, यहाँ तक कि जो सम भी दिखाई पड़ते हैं, कुछ न कुछ विषमता अवश्य होती है, इस कारण, यद्यपि निस्काव (run-off) चादर के रूप में आरम्भ होता है, वह शीघ्र ही लघु सरिताओं और स्रोतों के रूप में एकत्र होकर गर्तों (depressions) का अनुकरण करता है। छोटे-छोटे स्रोत मिलकर बड़े स्रोत और लघु नदिकाएँ (streamlets) बना लेते हैं, और इस प्रकार के अनेक संयोगों (unions) के बाद वे उन घाटियों में पहुँच जाते हैं जहाँ स्थायी सरिताएँ बहती हैं।

ये नदिया छोटी [उपनदिका (creek) अथवा नाला (brook)] अथवा बड़ी हो सकती हैं। जो मग्निएं कुछ समय तक ही, जैसे तूफानी वर्षा के बाद, आर्द्र मौसम में अथवा वर्ष के केवल कुछ भाग में ही प्रवाहित रहती हैं, वे अस्थायी सरिताएँ (intermittent streams) कहलाती हैं।

प्रत्येक स्थायी और अनेक अस्थायी मग्निएं गर्तों में बहती हैं। इन गर्तों को घाटियाँ कहते हैं (चित्र ६२)। अतः घाटियों की संख्या भी प्रायः उतनी ही होती है जितनी कि मग्निएं। अन्यन्त छोटे गर्त, जिनमें होकर जल केवल तीव्र वर्षा के



Fig. 92

Map showing normal drainage relations. Each stream flows in a depression. The largest stream has the largest valley. Streams of smaller size have smaller valleys, while the valleys of the smallest streams are very small. A few miles southwest of Scio, O.

(U. S. Geological Survey)

परचात् ही बहता है, हमेशा घाटियाँ नहीं कहलाते। यदि वे बहुत छोटे होते हैं तो वे जलदरी (gully) (चित्र ६३) और कुछ बड़े होते हैं तो वे उपघाटी (ravine) कहलाते हैं। जलदरी और उपघाटी केवल छोटी घाटियाँ होती हैं। जिस प्रकार क्षुद्र धाराएँ एक दूसरे से मिलकर उपनदिकाएँ, और उपनदिकाएँ मिलकर नदियाँ बनाती हैं, उसी प्रकार जलदरियाँ, जिनमें छोटी से छोटी अस्थायी सरिताएँ बहती हैं, प्रायः संयुक्त होकर अधिक चौड़ी और अधिक गहरी जलदरियाँ बनाती हैं (चित्र ६४)। ये पुनः आपस में मिलकर उपघाटियाँ बनाती हैं। उपघाटियाँ जलदरियों की ही भाँति, केवल अधिक बड़े गर्त ही होती हैं। उपघाटियों से मिलकर नदियाँ उसी प्रकार से बन जाती हैं, जैसे कि जलदरियों से मिलकर उपघाटियाँ बन जाती हैं। घाटियाँ, सरिताओं की भाँति साधारणतः समुद्र अथवा झील पर जाकर समाप्त होती हैं, किन्तु कुछ स्थितियों में, विशेषतः मरुस्थलीय प्रदेशों में, वे शुष्क स्थल पर भी समाप्त हो जाती हैं।

सामान्यतया घाटी के विस्तार और उसमें बहने वाली सरिता के आकार के बीच कुछ सम्बन्ध रहता है। यद्यपि यह सम्बन्ध ऐसा नहीं है जिसे गणित के पदों (terms) में व्यक्त किया जा सके। बड़ी सरिता और बड़ी घाटी (चित्र ६२) सामान्यतया अभिन्न हैं, किन्तु यह संयोग आकस्मिक नहीं हो सकता है, और यह इस जाँच-पड़ताल के लिए हमें प्रोत्साहित करता है कि क्या नदियाँ स्वनिर्मित घाटियों में होकर बहती हैं, अथवा क्या नदियाँ जहाँ होकर बहती हैं वहाँ इस कारण बहती हैं कि उनके लिए पहले से उन घाटियों को तैयार किया गया था। इन प्रश्नों के उत्तर देने का प्रयत्न हम अग्रिम पृष्ठों में करेंगे।

नदियों के अपक्षरण कार्य

(The Erosive Work of Streams)

नदियाँ सदैव अपनी घाटियों में अपने जल के साथ कीचड़, बालू आदि लाती रहती हैं। जब नदियाँ बाढ़ में होती हैं तो यह क्रिया विशेष स्पष्ट रूप में देखने में आती है, क्योंकि उस समय अधिकांश नदियाँ पकिल (कीचड़युक्त—muddy) हो जाती हैं। कीचड़ के अतिरिक्त, जल में मिश्रित बालू, बजरी आदि नदियों के तल में लुढ़कते चलते हैं। जल में कीचड़, और तल में कंकड़ों और पत्थरों का संचलन किसी ऐसी छोटी सरिता में देखा जा सकता है जो किसी तूफान के बाद किसी सड़क के पास से बहती है। बड़ी मिसिसिपी भी अपने भार को इसी प्रकार से ही वहन करती है। जब नदियाँ बाढ़ में नहीं भी होती हैं तो भी वे तलछट बहा ले आती हैं, यद्यपि उस समय तलछट की मात्रा कम होती है। कुछ नदियों में तलछट इतना कम होता है कि उनका जल स्वच्छ दिखाई देता है, किन्तु कुछ नदियाँ, जैसे मिसौरी, हमेशा पकिल रहती हैं। चूँकि अधिकांश नदियों का जल अन्त में समुद्र में पहुँचता है, अतः उनके साथ आये हुए तलछट का बड़ा भाग देर-सवेर महासागरों में पहुँचता है और वहाँ पर प्रधानतः तटों के समीप निक्षिप्त (deposited) हो जाता है। कुछ नदियाँ पदार्थों की जितनी मात्रा को स्थल से समुद्र में ले आती हैं उसका अनुमान

किया गया है। किसी नदी के विषय में यह अनुमान जल की उम मात्रा (volume) में निकाला जाता है जो नदी प्रतिवर्ष बढ़ाकर लाती है, और तब प्रत्येक इकाई में

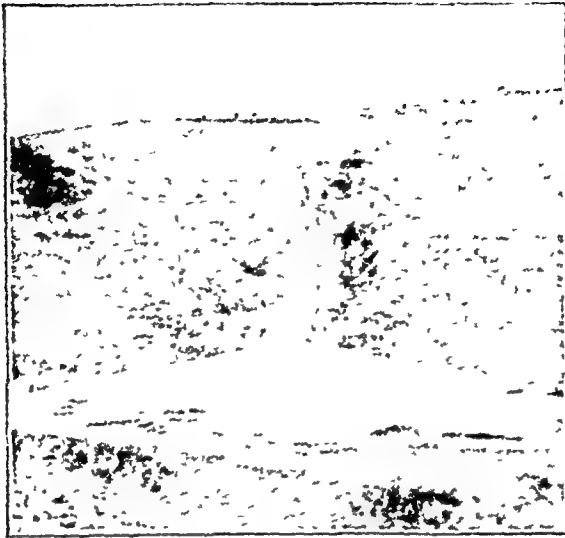


Fig. 93

A gully developed by a single shower. (Blackwelder)

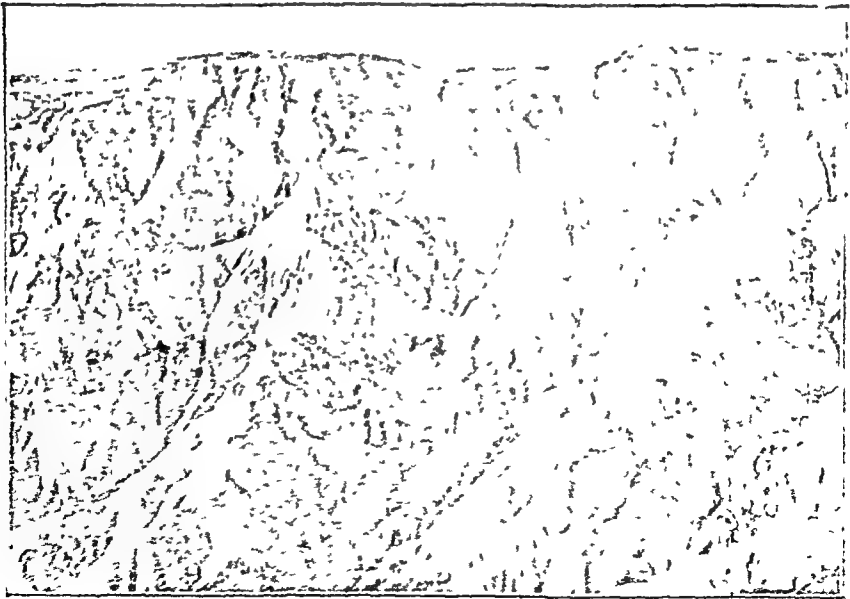


Fig. 94

Slope with numerous gullies, the smaller ones joining the larger ones. Scott's Bluff, Neb. (U S. Geological Survey)

तलछट की औसत मात्रा निश्चित की जाती है। प्रत्येक इकाई, उदाहरणार्थ, एक घन मीटर पानी की हो सकती है। इस प्रकार यह अनुमान किया गया है कि मिसीसिपी नदी मैक्सिको की खाड़ी में प्रतिवर्ष प्रायः ३४०,०००,००० टन अथवा प्रतिदिन लगभग दस लाख टन तलछट लाती है। समान मात्रा में बालू और कीचड़ खाड़ी में लाने के लिए ७५० से अधिक गाड़ियों (trains) की नित्य आवश्यकता होगी, जिनमें प्रत्येक में ५० डिब्बे हों और प्रत्येक डिब्बा २५ टन भार ले जा सके। विश्व की समस्त नदियाँ समुद्र में सम्भवतः मिसीसिपी से कई गुनी अधिक मात्रा में तलछट लाती हैं।

हमने देखा है कि भूमिगत-जल शैल-पदार्थ (rock matter) का विलयन करता है और झरने इस प्रविलीन (dissolved) पदार्थ का कुछ भाग नदियों में लाते हैं। अतः नदियाँ विलयन (solution) के रूप में कुछ ऐसे पदार्थ लाती हैं, जैसे—लवण (Salt), चूर्णक-प्रांगारीय (Carbonate of Lime) आदि। ये घुले हुए पदार्थ साधारणतया अदृश्य रहते हैं और कीचड़ तथा अन्य तलछट के विपरीत, जल के गन्त हो जाने पर भी उसमें मिले रहते हैं। कुछ झरनों के जल में प्रविलीन पदार्थ चखा जा सकता है, किन्तु नदियों के जल में ऐसा कदाचित् ही होता है।

जिस प्रकार चाय की केतली और वाष्पित्र (boiler) आदि के भीतरी भाग में अवशेष रह जाते हैं, इसी प्रकार जल के निरन्तर खौलने पर जल के वाष्पीकरण के पश्चात् प्रविलीन पदार्थ अवशेष रूप में रह जाते हैं।

अनुमान किया जाता है कि मिसीसिपी नदी प्रतिवर्ष १३,६४,००,००० टन प्रविलीन (घुला हुआ) खनिज पदार्थ समुद्र में लाती है और इस प्रकार समस्त नदियों द्वारा लाये जाने वाले इस पदार्थ की मात्रा का वार्षिक अनुमान, सागर में आने वाले तलछट की मात्रा का प्रायः तृतीय भाग ही होता है।

ये सामान्य कथन यह प्रकट करते हैं कि नदियाँ निरन्तर स्थल से जल भाग को ठोस पदार्थ स्थानान्तरित करती रहती हैं। यह वास्तव में उनका महान कार्य है। जो जल भूमि पर वर्षा के रूप में गिरता है, प्रत्यक्ष रूप में बहकर समुद्र में नहीं जाता। वह भी शैल के अपक्षयण (decay) में सहायता पहुँचाता है और इस प्रकार शैल को बहते हुए जल के साथ स्थानान्तरित होने के लिए प्रस्तुत करता है। अतएव यह कहा जा सकता है कि स्थल पर गिरने वाली प्रत्येक बूंद का कार्य स्थल को समुद्र में ले जाना होता है।

बोझ और बोझिल क्रिया (Load and loading)—किसी नदी द्वारा हटाया गया तलछट, चाहे वह जल में मिला हो और चाहे तल में हो, नदी के जल का बोझ (load) कहलाता है। जब किसी नदी में तलछट की मात्रा इतनी हो जाए जितनी कि वह नदी ले जा सकती है तो उसे बोझिल (loaded) नदी कहते हैं। यदि यह मात्रा कुछ कम है तो वह अशत. बोझिल होती है। (अब प्रश्न यह है कि) नदी अपना बोझ कैसे प्राप्त करती है?

जब वर्षा का जल स्थल के ढाल से होकर नीचे की ओर बहने लगता है तो वह अपने साथ मिट्टी, उप-मिट्टी आदि के कण ले लेता है और उन्हें बहा ले जाता

है। ये कण आवरण जैल के टुकड़े होते हैं। परिणाम यह होता है कि वर्षा के बाद जो जल ढालों से नीचे की ओर बहता है वह अपने साथ उस नदी में तलछट ले आता है जिसमें वह जाकर प्रविष्ट होता है। यह तथ्य उस समय विशेष रूप में सत्य होता है जबकि तात्कालिक निःस्राव (immediate run-off—हाल की हुई वर्षा के जल का बहाव) जोते हुए अथवा खाली पड़े हुए खेतों में होकर बहता हो। उदाहरण के लिए, जो जल ताजे जोते हुए ढालों से नीचे बहता है, वह सामान्यतः बहुत पंक्ति होता है। इसके विपरीत, जो जल वनस्पति से भलीभांति आच्छादित ढालों, जैसे घास के मैदान अथवा वन, से होकर बहता है, उसमें मिट्टी बहुत कम होती है क्योंकि वनस्पति मिट्टी को रोक लेती है। ढालों पर स्थित अनेक जोते हुए खेतों में जलदरियाँ (gullies) विकसित हो जाती हैं, जबकि समीपवर्ती बिना जोते हुए खेत इस अवस्था को नहीं प्राप्त करते। पहाड़ियों और पर्वतों के ढालों पर मिट्टी का शिथिल होना उसके स्थानान्तरण (removal) का कारण हो सकता है। यही कारण है कि फ्रांस के कुछ भागों में, दक्षिणी संयुक्त राज्य अमरीका के भागों में, तथा अन्य स्थानों में जो ढाल पहले कभी उपजाऊ थे, अब उजाड़ हो गये हैं, क्योंकि उनकी मिट्टी बह गयी है।

यदि अन्य बातें समान हों, तो तात्कालिक निःस्राव द्वारा ढालों से बहने वाली तलछट की मात्रा वहाँ पर अधिक होती है जहाँ जल उपसरिताओं (streamlets) के रूप में एकत्र हो जाता है। इसके विपरीत, जहाँ वह चादर के रूप में बहता है वहाँ तलछट की मात्रा कम होती है। प्रथम अवस्था में छोटी-छोटी जलदरियाँ बन जाती हैं (चित्र ६३)। जलदरियाँ स्वयं इस बात की प्रमाण हैं कि दोनों पार्श्वों (sides) की अपेक्षा उनकी धारा में अपक्षरण अधिक है, क्योंकि धाराओं के स्थान पर अपेक्षा-कृत अधिक अपक्षरण के कारण ही उनका मार्ग बना है।

नदियों की तलछट का अधिकांश उनकी घाटियों के ढालों पर बहने वाले तात्कालिक निःस्राव के द्वारा ही उनमें पहुँचता है। किन्तु किमी घाटी की नदी केवल उसी तलछट को बहन नहीं करती है जो उसे चादर के रूप में बहने वाले जल और अस्थायी उपसरिताओं द्वारा ऊपर के ढालों से प्राप्त होता है, वरन् अनुकूल परिस्थितियों में नदी स्वयं भी अपने तल और अपने किनारों में अपना बोझ एकत्र करती है। उदाहरण के लिए, यह वहाँ सत्य होता है जहाँ कहीं भी किसी प्रबल सरिता का तल मृत्तिका (clay) अथवा बालू से निर्मित (composed) होता है, क्योंकि इन पदार्थों के कण सरलता से शिथिल हो जाते हैं और शीघ्रता से धारा में बह जाते हैं।

नदी अपने तल से तलछट केवल जल के आगे बढ़ने की शक्ति से ही नहीं ग्रहण करती है। हमें नदी को एक ही सीधी धारा के रूप में नहीं समझना चाहिए। जब जल किमी खुली हुई खाई अथवा नाली में होकर बहता है तो देखा जा सकता है कि कुछ जल किनारों से मध्य की ओर बहता है और कुछ मध्य से किनारों की ओर। भँवर इसकी एक सामान्य घटना है। ये गौण गतियाँ वहाँ विशेष स्पष्ट होती हैं जहाँ धारा प्रबल होती है। अनेक तीव्रगामी नदियाँ आश्चर्यजनक ढंग से बुदबुदाती

(boil) है और भँवर (eddy) उत्पन्न करती है (चित्र ९५), उदाहरण के लिए, तीव्रगामी कोलम्बिया नदी में भँवर प्रायः इतने प्रबल होते हैं कि उनके मध्य में नाव

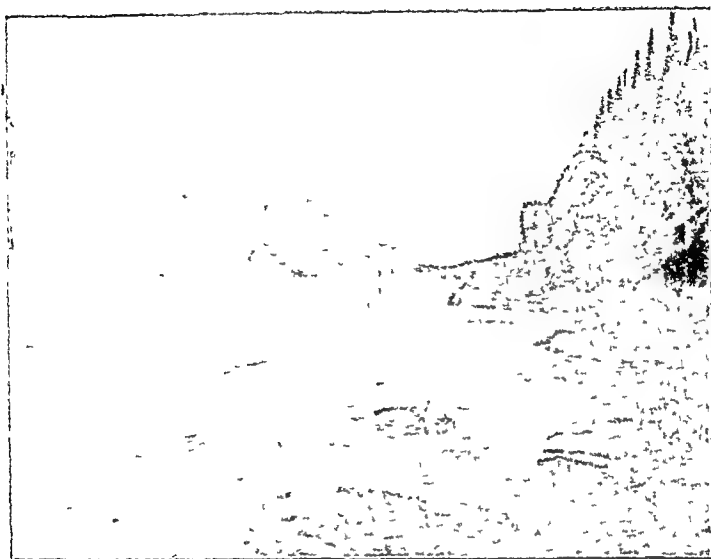


Fig 95

A 'boiling' or eddying stream. Woods Canyon, Alaska
(Spencer, U. S. Geological Survey)

खेना कठिन है। किसी भँवर काटती हुई धारा में पड़कर पदार्थ प्रायः नीचे की ओर खिच जाते हैं और फिर ऊपर की ओर आते हैं। मन्द गति वाली नदियों में भी इस प्रकार के संचलन होते रहते हैं, यद्यपि साधारणतः वे कुछ कठिनाई से ही देखे जाते हैं।

इन सब प्राकृतिक घटनाओं से विदित होता है कि किसी नदी की मुख्य धारा में अनेक गौण धाराएँ होती हैं और वे विभिन्न दिशाओं में चलती हैं। इनमें अनेक



Fig 96

Diagram to illustrate the effect of irregularities a and b, in a stream's bed, on the current striking them.

की उत्पत्ति का कारण नदी-तल की विषमताएँ होती हैं (चित्र ९६), जहाँ से वे विभिन्न दिशाओं में विचलित (diverge) हो जाती हैं। मुख्य धारा की सहायक (subordinate) ऊर्ध्व धाराएँ (upward currents) नदी के तल से तलछट को ऊपर ले जाती हैं, अर्थात् वे तलछट को आलम्बन

की स्थिति में लाती हैं। जब ये सहायक धाराएँ नदी के जल-मार्ग (channel) के किनारों अथवा तल में टकराती हैं तो वे ज्विल पदार्थ के खण्डों को उनके स्थान से हटा देती हैं। जैसा कि हम देखेंगे कि ये गौण धाराएँ वारिक तलछट को आलम्बन

की स्थिति में लाने में ही सहायक नहीं है वरन् उसको उस स्थिति में रखने में भी सहायक होती है।

कोई सरिता जो पानी के सामान्य स्तर पर स्वच्छ अथवा लगभग स्वच्छ रहती है, बाढ़ में पंकिल (muddy) क्यों हो जाती है? इसके दो कारण हैं। पहला कारण यह है कि बाढ़ के दिनों में सरिता में तात्कालिक निःस्त्राव अधिक आता है और यह अपने साथ पर्याप्त मात्रा में तलछट लाता है। दूसरा कारण यह है कि जब सरिता बाढ़ में आती है तो अन्य समयों की अपेक्षा उसका जल अधिक तीव्रगति से बहता है, इस कारण नदी तल से अधिक तलछट घिसने और उठाने की सामर्थ्य रखती है।

उपर्युक्त कथनों से ऐसा ज्ञात हो सकता है कि सभी तीव्र-प्रवाही (swift) नदियों का जल पंकिल होना चाहिए, और समस्त मन्द-प्रवाही नदियों का स्वच्छ, किन्तु ऐसा होता नहीं है। अनेक तीव्र-प्रवाही नदियाँ, विशेषतः पर्वतो में, उल्लेखनीय रूप से स्वच्छ रहती हैं और इसके विपरीत कुछ मन्द-प्रवाही नदियाँ सदैव पंकिल रहती हैं। कारण जानने के लिए दूर जाने की आवश्यकता नहीं है। तीव्र-प्रवाही



Fig. 97

Tools with which a river works These cobblestones and small boulders were brought down by the stream in flood, and left where they now appear. Other similar materials now in transit cause the riffles in the current. Chelan River, Wash., just above its junction with the Columbia (Willis, U. S. Geological Survey)

मग्नता भी स्वच्छ हो सकती है, क्योंकि (१) यदि तात्कालिक निःस्त्राव (ढाल का घोल) और सहायक नदियाँ तलछट न लाते हों, और (२) यदि इसके अपने तल में पदार्थ इतने स्थूल हों कि नदी उन्हें ऊपर न उठा सके। अनेक तीव्र-प्रवाही पर्वतीय नदियों की स्वच्छता का कारण यह है कि उनके तलों और किनारों पर किसी प्रकार की पंक (कीचड़) अथवा बालू अथवा सूक्ष्म पदार्थ नहीं होते हैं, जबकि मैदानों में अनेक मन्द-प्रवाही नदियों की पंकिलता का कारण यह है कि उनके तल और किनारे

ऐसे सूक्ष्म पदार्थों के बने हैं कि उनकी मन्द धाराएँ भी उन्हें प्राप्त और वहन कर सकती हैं, जैसे—निचली मिसौरी (Lower Missouri) और प्लेट (Platte) नदियाँ।

फिर, सरिता अपने तल से रगड़ करके अपने साथ अपने तल की शिथिल तलछट को खींचने का प्रयत्न करती है। यह क्रिया उसी प्रकार की है जैसे किसी प्रकार का एक भार कीचड़ के तल पर खींचा जाय तो वह अपने साथ अपने नीचे का कुछ कीचड़ भी खींच लायेगा। अतः प्रत्येक सरिता, जो पहले से ही बोझिल नहीं है, अपने तल को काटती है, यदि वह तल मुलायम पदार्थों का हो, जैसे कीचड़। काटने के साधन ये हैं—(१) मुख्य धारा की रगड़ (friction), (२) गौण धाराओं का आघात (impact), और (३) तल के सूक्ष्म पदार्थ के चालन (urging) अथवा खिंचाव।

कुछ नदी-घाटियाँ ठोस शैल (solid rock) में ही नहीं बल्कि ऐसे शैलो में भी होती हैं जो बहुत कड़ी होती हैं (चित्र २५)। ऐसी घाटियाँ किस प्रकार से बनती हैं ?

प्रथमतः जो शिलाएँ पानी के लिए खुली होती हैं, जैसे किसी सरिता के जल-मार्ग (channel) में, अथवा वायुमण्डल के लिए खुली होती हैं, उनका अपक्षयण (decay) होता रहता है। अपक्षयण के साथ ही साथ उनका अवचूर्णन (crumbling) भी होता है और जीर्ण भाग (crumbled part) सरलता से वह जाता है। पुनः नदी द्वारा लुढ़काये गये बालू और बजरी (चित्र ६७) इसके पैदे को काटते हैं, चाहे वह कड़ी चट्टानों का ही क्यों न हो। अतएव नदी द्वारा लायी हुई तलछट एक हथियार (tool) अथवा, यह कहना उत्तम होगा कि, हथियारों का एक संग्रह (collection) बन जाती है, जिनके द्वारा जल अपना कार्य करता है और इन हथियारों द्वारा कड़ी शिलाएँ भी काट दी जाती हैं।

किसी दृढ़, कड़ी शिला वाले तल पर बहता हुआ स्वच्छ जल बलकृत क्रिया (mechanical wear) से कोई कटाव नहीं करता, अथवा नगण्य प्रभाव डालता है। नियाग्रा जैसी सापेक्षतया (relatively) स्वच्छ नदियों के उदाहरण से यह बात स्पष्ट है। छोटी वनस्पतियाँ, जैसी कि पत्थर की आर्द्र दीवारों को हरी बनाती हैं, नदी के तल की चूनापत्थर की शिलाओं पर, प्रायः उगती हुई उन स्थानों पर देखी जा सकती हैं जहाँ कि जल पर्याप्त उथला हो और तल देखा जा सके। प्रपातों (falls) के किनारों पर भी जहाँ धारा अति प्रबल होती है, यही दशा मिलती है, और शक्तिशाली धारा (torrent) की सम्पूर्ण शक्ति भी इन सूक्ष्म वनस्पतियों को उनके स्थलों (moorings) से हटाने में असमर्थ होती है। यदि नदी में बालू अथवा पक्का सामान्य बोझ (load) होता तो निस्सन्देह ये वनस्पतियाँ अति शीघ्रता से बहायी जा सकती थीं। अतएव नदी द्वारा प्रवाहित तलछट नदी की अपक्षरण क्रिया (erosion) की दर को प्रभावित करने वाला एक कारक होता है, विशेषतः जहाँ पर तल ठोस शैल का हो।

वहन (Carrying)—यह पहले ही कहा जा चुका है कि नदियाँ अपने बोझ (तलछट) को (१) अपने तलो में उसको लुढ़काते हुए, और (२) तलो के ऊपर उसको आलम्बन (suspension) की स्थिति में वहन करती हुई ले जाती हैं। स्थूल पदार्थ, जैसे कंकड़, सामान्यतः लुढ़काये जाते हैं किन्तु कीचड़ के खण्डों के प्रकार के सूक्ष्म पदार्थों के आलम्बित (लटके) रहने की ही सम्भावना रहती है।

तल पर लुढ़काये गये पदार्थ जल की शक्ति से प्रत्यक्षत हटाये जाते हैं। प्रत्येक कंकड़ जो हटाया जाता है, वह उस जल द्वारा ढकेला अथवा लुढ़काया जाता है जो उससे टकराता है। इसमें सिद्धान्त वहीं है जो पुलिन (beach) पर पड़े कंकड़ों के हटाये जाने में अन्तर्निहित (involved) है। अन्तर केवल यह है कि उनको आगे और पीछे लुढ़काने की अपेक्षा नदी उनको सदैव घाटी के नीचे की ओर ले जाती है।

पंक (mud) प्रधानतः शैल के सूक्ष्म कणों से निर्मित होती है जो जल से प्रायः तीन गुना भारी होते हैं। ऐसा होते हुए भी वे आलम्बन की स्थिति में रहते हैं और कुछ दीर्घकाल तक ऐसी ही स्थिति में बने रहते हैं। पंक जल में उसी प्रकार लटकी रहती है जिस प्रकार धूल वायु में लटकी रहती है। चूँकि पंक के कण जल से अधिक भारी होते हैं अतः वे सदैव नीचे बैठने का प्रयत्न करते हैं। वास्तव में वे नीचे की ओर जाते हैं, किन्तु जब वे गुरुत्व की शक्ति के प्रभाव में नीचे जाने लगते हैं तो उनके गौण ऊर्ध्व धाराओं (minor upward currents) के बीच पड़ जाने की सम्भावना रहती है और गुरुत्व के होते हुए भी वे ऊपर वाहित (carried) हो जाते हैं। प्रमुख धारा में इन गौण ऊर्ध्व धाराओं के कारण ही प्रधानतया तलछट आलम्बन की स्थिति में रहती है। जिस ढग से सूक्ष्म तलछट आलम्बन की स्थिति में वाहित होती है उसी के कारण वहन करने वाली नदी को अपनी घाटी को गहरी और चौड़ी बनाने में सहायता मिलती है। जिस प्रकार गौण ऊर्ध्व धारा जल में स्थित तलछट को ऊपर ले जाती है, उसी प्रकार गौण अधोमुख धाराएँ (minor downward currents) उसको तल की ओर नीचे ले जाती हैं और गौण पार्श्ववर्ती धाराएँ (minor sideward currents) उसको नदी के किनारों की ओर ले जाती हैं। इन विधियों से सूक्ष्म तलछट भी नदी को अपनी घाटी के बढाने में सहायता करते हैं।

किसी नदी में आलम्बित (suspended) तलछट के कण बारम्बार नीचे गिरते हैं और ऊपर उठते हैं। इस प्रकार एक कण बहुत लम्बी यात्रा कर सकता है, किन्तु यह लम्बी यात्रा अनेक छोटी यात्राओं से मिलकर ही बन सकती है। डाकोटा (Dakota) से मैक्सिको की खाड़ी तक जाने वाली कीचड़ के कण, सम्भवतः अपने मार्ग की प्रत्येक दशा में अनेक पड़ाव डालते हैं, और उनकी मात्रा में व्यतीत होने वाला समय उस जल की, जिसने उन्हें उद्देलित किया था, यात्रा में व्यतीत होने वाले समय से सामान्यतः कई गुना अधिक होता है।

बोझ की मात्रा (Amount of load)—किसी नदी द्वारा ले जाये जाने वाले तलछट की मात्रा (१) उसके वेग (velocity), (२) उसकी मात्रा (volume), और (३) प्राप्य तलछट की मात्रा और प्रकार (amount and kind of sediment)

available) पर निर्भर करती है। एक तीव्रता से प्रवाहित होने वाली बड़ी सरिता मन्द गति से प्रवाहित होने वाली छोटी सरिता से अपेक्षाकृत अधिक तलछट (वोज) ले जा सकती है।



Fig 98

A stream channel clogged with boulders too big for the stream to move, except in times of flood.

नदियों की वहन शक्ति (carrying power) पर वेग का प्रभाव उन अधिकांश गड्ढों और नदियों में देखा जा सकता है, जिनकी चौड़ाई में उल्लेखनीय अंतर मिलता है। कम चौड़ाई के स्थानों पर सम्भावना रहती है कि तीव्र जल समस्त सूक्ष्म पदार्थ को वहाँ ले जायगा, और तल में केवल स्थूल ककड़, पत्थरों को रुका रहने देगा, किन्तु अधिक चौड़े स्थानों पर तल पक्क से आच्छादित रह सकता है। किसी स्थान पर नदी के मार्ग को कृत्रिम रूप से सकीर्ण बनाकर उसके जलमार्ग (channel) को स्वच्छ रखा जा सकता है। सन् १८७५ में जेम्स बी० ईड्स (James B Eads) ने मिसौसिपी को उसके डेल्टे के समीप कृत्रिम ढंग से सकीर्ण बनाकर उसमें केवल तलछट के अग्रिम निक्षेपण (further deposition of sediment) को ही नहीं रोका बल्कि सरिता को अपने जलमार्ग को भी स्वच्छ रखने पर बाध्य कर दिया। इस परिवर्तन ने बड़े-बड़े समुद्री जलयानों को न्यू ओरलियन्स (New Orleans) तक आने की सुविधा प्रदान की है और इस नगर की वाणिज्य सम्बन्धित समृद्धि को मुरझित किया है।

इस तथ्य को कि सूक्ष्म तलछट स्थल की अपेक्षा अधिक मरलता से उठाया और वाहित किया जा सकता है, इस परिचित घटना से निर्दिष्ट (illustrated) किया जा सकता है कि यदि एक पौण्ड भार का एक पत्थर किसी सामान्य सरिता में फेंका जाए तो वह शीघ्रता से नदी के तल में डूब जाएगा, किन्तु यदि उसी नदी में एक

पौण्ड सूक्ष्म धूल फेंक दी जाए तो उसके कण तल में डूबने से पहले कुछ दूर तक आगे वहते जाएंगे ।

एक नदी स्थूल की अपेक्षा सूक्ष्म तलछट के बहुत बड़े भार को वहन कर सकती है । इसके दो कारण हैं—(१) वाहित किये हुए सूक्ष्म पदार्थ का प्रत्येक पौण्ड, स्थूल पदार्थ के प्रत्येक पौण्ड की अपेक्षा नदी की शक्ति पर कम बोझ डालता है, और (२) नदी की शक्ति का एक दीर्घतर भाग दूसरे (स्थूल) की अपेक्षा पहले (सूक्ष्म) को वहन करने में प्रयुक्त हो सकता है ।

अपक्षरण की परिभाषा (Erosion defined)—स्थल के तल का कटना (wearing) अपक्षरण है । सामान्यतया अपक्षरण में न्यूनाधिक स्पष्ट तीन विधियाँ (processes) हैं—(१) अपक्षयण (Weathering), (२) संघर्षण (Corrasion) अथवा अपक्षयण द्वारा अथवा अन्य किसी विधि से णिथिल (loosened) किये हुए शैल पदार्थ (rock material) को चुनना (pick up), और (३) परिवहन (Transportation) । जल द्वारा शैल पदार्थ का विलयन प्रायः संघर्षण में सम्मिलित किया जाता है, किन्तु इसकी अपेक्षा इसको संक्षरण (corrosion) कहना उत्तम होगा । जब वहता हुआ जल तलछट को वहन करने में असमर्थ हो जाता है, तो वह अपनी तलैटी को परिभ्रण (degrade) करना बन्द कर देता है ।

निक्षेपण अपक्षरण का परिणाम है (Deposition a consequence of erosion)—जब नदियाँ अपनी तलछट को और आगे वहन करने में असमर्थ हो जाती हैं तो वे तलछट को निक्षिप्त कर देती हैं । निक्षेपण का सर्वाधिक सामान्य कारण वेग की कमी है । कुछ तलछट घाटियों में, विक्षेपतया उनके निम्नतर मार्गों में, छूट जाती हैं । कुछ तलछट उस समुद्र अथवा झील अथवा द्रोणी (basin) में पहुँचती हैं जहाँ जाकर नदी समाप्त होती है । घाटियों में तलछट के निक्षेप उनके तल को ऊँचा उठाते हैं । इस प्रकार मिसिसिपी नदी मैक्सिको खाड़ी से उत्तर में मैकडो किलोमीटर तक अपनी घाटी की तलैटी में तलछट को फैलाती है, और अन्य बड़ी नदियाँ, जैसे नील, ह्वागहो और गंगा, इसी प्रकार का कार्य कर रही हैं । परन्तु वहते हुए जल द्वारा स्थल पर उच्चयन (aggradation) किये गये कार्य की मात्रा परिभ्रण (degradation) की मात्रा में बहुत कम है । नदियों द्वारा तलछट के निक्षेपण का विषय अपने उचित स्थान पर विस्तारपूर्वक दिया जाएगा ।

नदियों द्वारा अपनी घाटियों में किये गये परिवर्तन

(Changes Made by Rivers in Their Valleys)

किमी घाटी में तीन विस्तार (dimensions) होते हैं—गहराई, चौड़ाई और लम्बाई, और प्रत्येक विस्तार परिवर्तनीय होता है ।

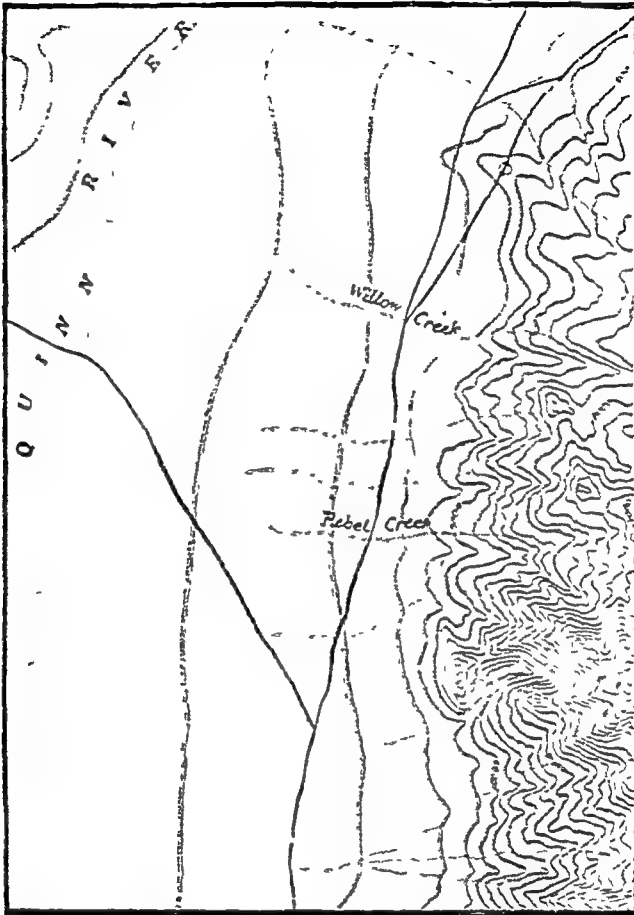
घाटियों को गहरा करना (The deepening of valleys)—अपक्षरण (erosion) करने वाली नदियाँ अपनी घाटियों को अधिक गहरा और चौड़ा बनाती हैं । जहाँ पर नदियाँ निक्षेप करती हैं, अर्थात् जहाँ से वे जितना बहाती हैं उससे

अधिक छोड़ती है, वहाँ वे अपनी घाटियों को अधिक उथला बनाती है। अधिकांश वेगवती नदियाँ अपनी घाटियों को गहरा बनाती है, परन्तु कुछ मन्द प्रवाही अपनी घाटियों को अधिक उथला बनाती है। अनेक घाटियाँ अपने ऊपरी मार्ग में जहाँ कि धाराएँ अधिक वेगवती होती है, गहरी बनती रहती है, और अपने निचले मार्ग में, जहाँ कि धाराएँ अधिक मन्द होती है, उथली बनती रहती है।

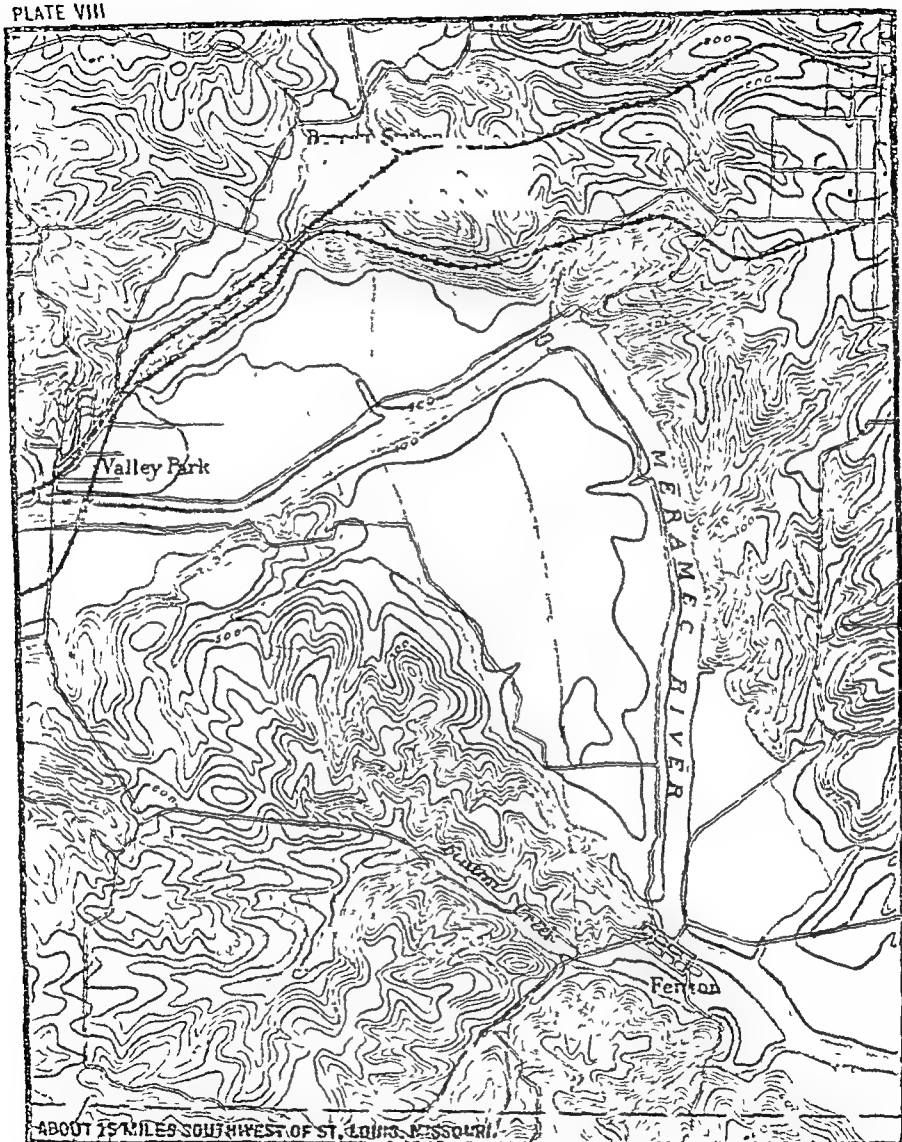
तीव्र प्रवाही सरिताएँ इस कारण तीव्र होती है कि वे ऐसे जलमार्ग में बहती है जो सापेक्षतया सीधे ढाल का होता है। किन्तु, चूँकि ऐसी नदियाँ अपनी घाटियों को गहरा बनाती रहती है, अतः ढाल अथवा घाटियों के तल का प्रावण्य (gradient) कम हो जाता है और नदियाँ अधिक मन्द बहने लगती है। कालान्तर में प्रत्येक वेगवती सरिता अपने जलमार्ग को इतना नीचा काट देगी कि उसकी धारा मन्द पड़ जाएगी।

एक ओर किसी घाटी की गहराई और दूसरी ओर उसके तल में अपक्षरण (erosion) अथवा निक्षेपण (deposition) के बीच कोई निश्चित सम्बन्ध नहीं होता है। कुछ गहरी घाटियाँ, जैसे कोलोरेडो के केनयान (Canyon of the Colorado) (चित्र २५) अपक्षरण के कारण अधिक गहरी होती जा रही है, जबकि कुछ उथली घाटियाँ निक्षेपण के द्वारा अधिक उथली होती जा रही है। दूसरी ओर कुछ गहरी घाटियाँ ऊँची बनती जा रही है और कुछ उथली घाटियाँ परिभ्रंशित (degraded) होती जा रही है।

किसी घाटी की गहराई प्रधानतः उस स्थल की ऊँचाई पर निर्भर करती है जिसमें कि वह घाटी निर्मित होती है। जितनी ही अधिक ऊँची भूमि होगी, उतनी ही अधिक गहरी घाटी हो सकती है। कोलोरेडो के केनयान (निदरी) (चित्र २५) और यैलोस्टोन (Yellowstone) (चित्र १३२) के समान घाटियाँ मैदानों में कभी नहीं मिलती (चित्र ८५ और १३० की तुलना करो)। बहुत गहरी घाटियाँ पठारों और पर्वतों की विशेषताएँ होती है। एक विशिष्ट ऊँचाई के स्थल पर कोई घाटी जो गहराई प्राप्त कर सकती है वह इस बात पर निर्भर करेगी कि जल जिस मार्ग का अनुसरण कर रहा है उसके अनुसार समुद्र से घाटी की दूरी क्या है। यदि कोई नदी समुद्र-तल से ६०० मीटर (२,००० फुट) ऊँचे और उससे ३२० किलोमीटर (२०० मील) की दूरी पर स्थित एक पठार से सीधे मार्ग में बहती है, तो उसका औसत उतार (fall) प्रति किलोमीटर में २ मीटर होगा, परन्तु यदि नदी एक उसी ऊँचाई के पठार से, जो समुद्र से ३,२०० किलोमीटर (२,००० मील) की दूरी पर हो, तो उस नदी में होकर बहने वाले जल का औसत उतार प्रति किलोमीटर २० सेंटीमीटर होगा। यदि दोनों परिस्थितियों में नदी की मात्रा (volume) समान हो तो समुद्र से समीप वाले पठार में घाटी दूसरी घाटी की अपेक्षा बहुत अधिक गहरी होगी। दूसरे शब्दों में, कोई घाटी जो गहराई प्राप्त कर सकेगी, प्रधानतः उस जल के उतार (अथवा प्रावण्य) पर निर्भर होगी, जो नदी में होकर बहता है। अतएव महाद्वीपों के किनारों के समीप की घाटियाँ महाद्वीपों के



Streams disappearing in the sand, gravel, etc., at the base of mountains in an arid region. Scale 4—miles per inch. Contour interval 200 feet (Paradise, Nev., Sheet, U. S. Geol. Surv.)



A stream widening its valley by lateral planation. Scale 1—miles per inch
Contour interval 20 feet (U. S. Geol Surv)

भीतरी भाग में स्थित उसी ऊँचाई के स्थलों की घाटियों की अपेक्षा अधिक गहरी हो सकती है।

गहराई की सीमा (Depth-limit)—अधिकांश नदियाँ अपने निचले सिरे पर जिस झील, समुद्र अथवा अन्य नदी में गिरती हैं उसके स्तर के बराबर अथवा उससे भी कुछ नीचे तक, अपना जलमार्ग काट देती हैं। जिस जल-राशि में जाकर कोई नदी गिरती है, वह उसकी घाटी की गहराई की सीमा को निश्चित करती है, किन्तु घाटी गहराई की इस सीमा पर केवल अपने निचले सिरे पर ही पहुँच पाती है। नदी की घाटी का ऊपरी सिरा समुद्र-तल से सदैव ऊँचा रहता है।

निम्नतम स्तर जिसे एक नदी बलकृत क्रिया (mechanical wear) द्वारा अपनी घाटी की तलैटी में प्राप्त कर सकती है वह चरम-स्तर (base-level) [अथवा अनावृत्तीकरण की अन्तिम आधार-रेखा (level of base-level)] है। यदि कोई नदी इस स्तर पर एक चौड़ा समतल बनाती है तो वह चौड़ा समतल एक चरम स्तर होगा। वहते हुए जल के अपक्षरण द्वारा किसी बड़े क्षेत्र का अनिवार्य चपटापन धारण कर लेना उसका चरम स्तर है।

इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि किसी नदी का जलमार्ग (channel) निचले सिरे पर और उसके समीप समुद्र-तल से नीचा हो सकता है। मिसिसिपी का जलमार्ग नदी के मुहाने से कुछ दूर ऊपर तक समुद्र-तल से नीचा है और स्थानीय रूप में ३० मीटर (१०० फुट) से भी नीचा है। दूसरी ओर मिसिसिपी घाटी का चौड़ा मैदान उसी प्रदेश में समुद्र-तल से थोड़ा ही ऊपर है।

जिस गति में कोई नदी अपक्षरण (erodes) करती है वह गति अनेक परिस्थितियों द्वारा प्रभावित होती है, और प्रत्येक स्थिति जो अपक्षरण की गति को प्रभावित करती है, वह समय की उम्र अवधि को भी प्रभावित करती है जो नदी अपनी घाटी की तलैटी को चरम स्तर तक पहुँचाने में लेती है। अन्य बातें समान होने पर, एक बड़ी नदी, एक छोटी नदी की अपेक्षा अपनी घाटी की तलैटी (bottom) को चरम-स्तर के स्तर पर अधिक शीघ्रता से लायेगी, और कोई भी नदी प्रतिरोधी शैल (resistant rock) की अपेक्षा निर्वल शैल (weak rock) में होकर अपने जलमार्ग को इस स्तर में नीचा बना लेगी।

घाटियों का चौड़ा होना (The widening of valleys)—यदि किसी घाटी का विकास केवल उसकी नदी के निम्न कटाव (down cutting) पर ही निर्भर करता तो घाटी अपने मध्य में वहने वाली नदी से अधिक चौड़ी नहीं होती (चित्र ९६, चित्र २४ और २५ भी देखो)। क्योंकि अधिकांश घाटियाँ अपनी नदियों की अपेक्षा बहुत अधिक चौड़ी हैं, अतः उनके विकास में निम्न कटाव के अतिरिक्त अन्य बातें भी अवश्य सम्मिलित होंगी।



Fig. 99

Diagram of a valley, the top of which is ten times the width of the stream.

अधिकांश घाटियाँ अपनी तलैटी की अपेक्षा अपने शीर्ष (tops) पर बहुत अधिक चौड़ी हैं, और सभी घाटियाँ निरन्तर चौड़ी बनती जा रही हैं। घाटी के चौड़े बनने का कार्य अनेक प्रकार से होता है। उनमें से कुछ निम्नांकित हैं

(१) कभी-कभी कोई नदी अपने जलमार्ग के एक ओर इतनी शक्ति से बहती है कि ऊपर के ढाल का निचला भाग काट देती है (पट्ट ८ और चित्र १००)।

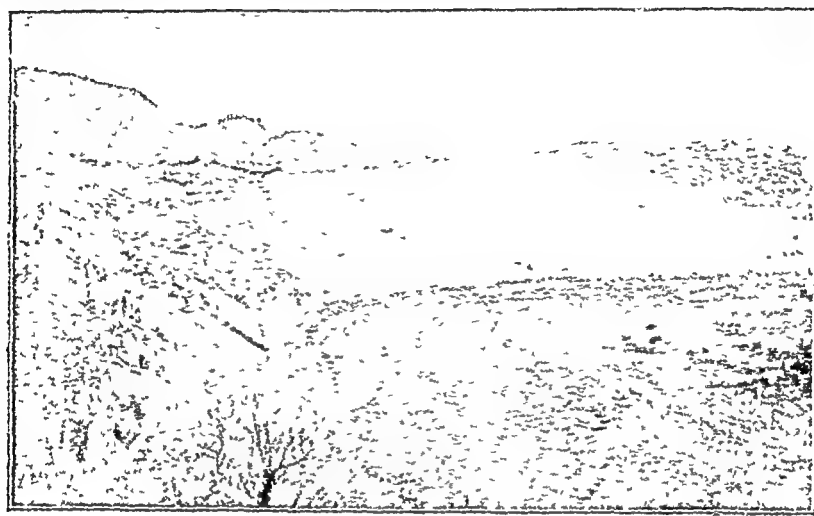


Fig. 100

River undercutting its bank and widening its valley by planation where the material is unconsolidated sand, gravel, etc.

निचले भाग के कट जाने से ऊपर के पदार्थ के गिरने या खिसकने की सम्भावना बढ़ जाती है और इस प्रकार घाटी पहले की अपेक्षा अधिक चौड़ी हो जाती है। मन्द-प्रवाही नदियाँ तीव्र-प्रवाही नदियों की अपेक्षा अपनी घाटियाँ अधिक चौड़ी कर लेती हैं, अर्थात् इस कारण कि मार्ग में किसी प्रकार का अवरोध उपस्थित होने पर वे अधिक सरलता से अपने किनारों के विरुद्ध घूम पड़ती हैं।

(२) पुन किसी घाटी के ढालों पर गिरती हुई वृष्टि का कुछ भाग तल की ओर प्रवाहित होता है और अपने साथ कीचड़, बालू और स्थूलतर पदार्थों को बहा लाता है। इस प्रकार का परिवहन (transportation) धीरे-धीरे उन ढालों को काटकर घाटी को चौड़ा बनाता है।

(३) किसी घाटी के ढालों पर स्थित शिथिल मृत्तिकामय पदार्थ (loose earthy matter) क्रमशः नीचे की ओर सरकता रहता है। यह संचलन (movement) विभिन्न प्रकार से होता है।

(अ) यदि पदार्थ मृत्तिका (clay) है तो सूखने पर वह सिकुड़ता है और सिकुड़ने की क्रिया में उसमें दरारें पड़ जाती हैं। दरारों के बीच के अन्तराल (gaps)

का कारण प्रधानतः ढाल से नीचे की ओर मृत्तिका के अधोमुख (downward) संचलन का होना है (A, चित्र १०१)। इसी प्रकार की दरारें (चित्र १०२) वहाँ

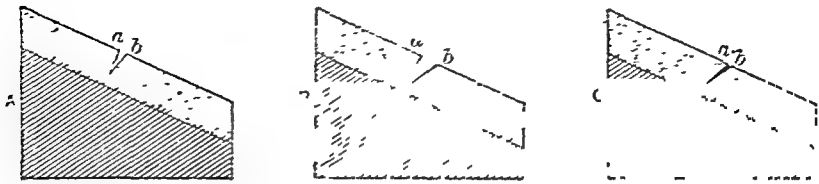


Fig. 101

Diagram to illustrate the effects of drying and wetting on a clay slope. In A the clay is drying and cracking open. In B the process has gone further, and it is *b* which has moved down, while *a* remains where it was in A. C represents the same after it has been wet again and the crack closed, chiefly by the moving down of *a* rather than the moving up of *b*.

भी देखा जा सकती है जहाँ एक कुण्ड अथवा तालाब सूख गया हो, यद्यपि वहाँ पर सरकने का प्रश्न नहीं होता। जब ढाल पर दरारों वाली मृत्तिका फिर से गीली होती है, जैसे वृष्टि के कारण, तो मिट्टी फूल जाती है और दरारे बन्द हो जाती हैं; परन्तु मिट्टी का फूलना इस प्रकार से होता है कि दरारों का बन्द होना प्रधानतया

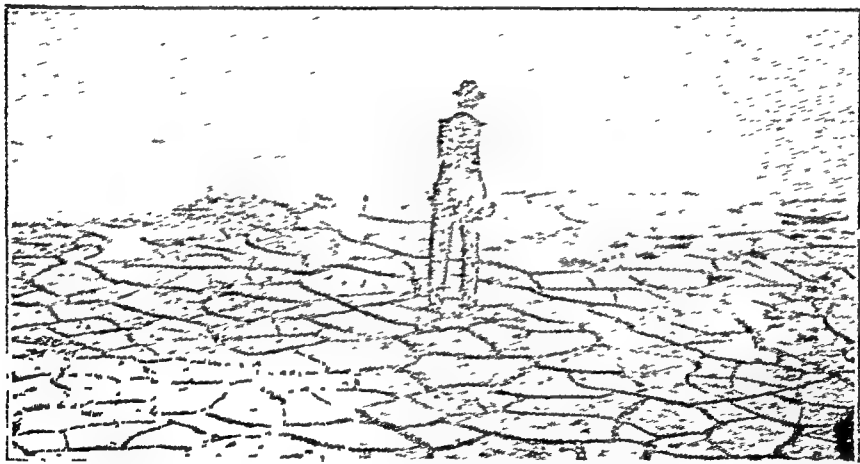


Fig. 102

Drying-cracks in the flood plain of the Missouri. (Chamberlin)

दरारों के ऊपरी भाग की मृत्तिका के नीचे की ओर के संचलन के कारण होता है (C, चित्र १०१), इस दशा में नीचे की ओर की मृत्तिका ऊपर की ओर संचलन नहीं करती है। ऐसा इस कारण होता है कि पृथ्वी की गुरुत्व-शक्ति मृत्तिका को नीचे की ओर खिसकने में सहायता करती है, जबकि ऊपर की ओर का संचलन, यदि ऐसा होता, तो गुरुत्व के विपरीत होता।

(व) पुन, मृत्तिकामय पदार्थ (clayey material) की प्रवृत्ति भीगने के बाद 'ग्लान' (चिपचिपा) तरल पदार्थ (viscous fluid) बन जाने की होती है और जिस सीमा तक वह द्रव बन पाता है, वह ढाल के नीचे की ओर खिसकने अथवा बहने की प्रवृत्ति धारण करता है। इसके प्रतिकूल प्रतिरोध (friction), पौधों की जड़े आदि, उसको नीचे आने से रोकते हैं। इस प्रकार के सभी अधोमुख संचलन घाटी को चौड़ा बनाते हैं क्योंकि नीचे आये हुए पदार्थ को नदी, जबकि वह घाटी की तलैटी तक पहुँचती है, बहा ले जाती है।

(४) जब सीधी घाटी के ढाल (steep valley slope) का शिथिल पदार्थ जल से पूर्णतः पूरित हो जाता है, जैसे कि लम्बी वृष्टि के पश्चात् अथवा जब हिम पिघल रही हो, तो उच्चतर स्तर से निम्नतर स्तर की ओर उसका सर्पण अथवा अवपात (slide or slump) हो सकता है (चित्र १०३)। मृत्तिका के समान असंघनित (unconsolidated) पदार्थों से बने घाटी के तीव्र ढालों पर गिरावट (slumping) सामान्य घटना है। अवपतन जहाँ से आरम्भ होता है वहाँ पर घाटी को चौड़ा बना देता है। ढालों से इस प्रकार गिरा हुआ पदार्थ अन्य प्रकार से गिरे हुए पदार्थों की भाँति शीघ्र या देर से नदी द्वारा बहा ले जाया जाता है।

(५) यदि ढाल सीधा है, तो प्रत्येक जानवर जो किसी घाटी के ढाल पर चलता है, न्यूनाधिक मात्रा में उसके पदार्थ को शिथिल कर देता है और यदि यह पदार्थ किञ्चित भी संचालित होता है तो उसके अधोमुख संचालन की ही सम्भावना है। सभी प्रकार के बिल खोदने वाले जानवर तल के पदार्थ को शिथिल बनाते हैं और उसे ढाल से नीचे सरलता से अग्रसर होने के लिए प्रस्तुत कर देते हैं। ये सभी विधियाँ घाटी को चौड़ा करने में सहायक होती हैं।

(६) घाटियों के किनारों पर जो वृक्ष उगते हैं वे उखड़ सकते हैं। जब कभी वे उखड़ते हैं, वे न्यूनाधिक मात्रा में मृत्तिकामय पदार्थ को खलित कर देते हैं और यदि ढाल सीधा है तो उस पदार्थ के कुछ भाग के नीचे लुढ़क पड़ने की सम्भावना रहती है। यदि ढाल सीधे न हो तो शिथिल किया गया पदार्थ ढाल के प्रवणबाह (slope wash) अथवा अन्य साधनों द्वारा वाहित हो सकता है।

(७) कुछ सूक्ष्म पदार्थ घाटियों के ढालों से पवन द्वारा उड़ा दिया जाता है।

विभिन्न अन्य विधियाँ भी कार्यरत हैं जो ढालों की मिट्टी अथवा शिलाओं को शिथिल बनाने में सहायक होती हैं। समस्त विधियाँ जो इस स्थिति में पदार्थ को शिथिल करती हैं, उसे अवरोहण (descent—नीचे की ओर आने) के लिए प्रस्तुत करती हैं, और किसी घाटी के ढालों से पदार्थ का अवरोहण अथवा स्थानान्तरण, सदैव उसकी चौड़ाई को बढ़ाता है। अतः समस्त घाटियाँ निरन्तर चौड़ी होती रहती हैं। चौड़ी करने वाली अधिकांश विधियों में नदी स्वयं एक महत्त्वपूर्ण कारक (factor) है क्योंकि वह ढालों से गिरे हुए पदार्थ का अधिकांश बहा ले जाती है। अनेक घाटियों के ढालों के आधारों पर बहुत अधिक मलबा (debris) अथवा भग्नाश्म राशि (talus) बहा ले जाने के लिए तैयार मिलता है (चित्र १०४)।

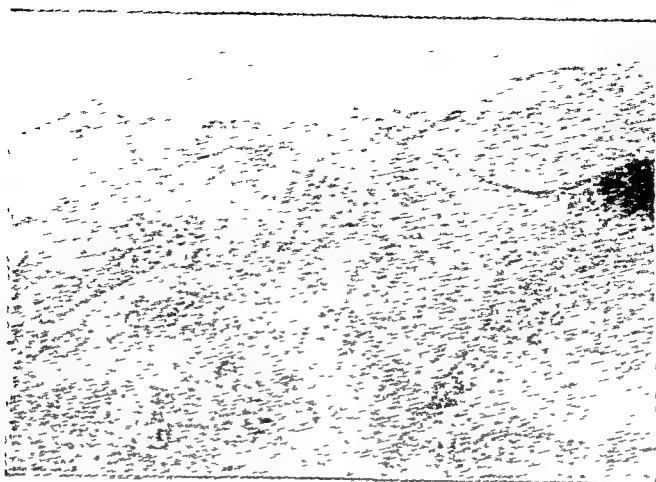


Fig. 103

Slumping on the side of a valley, two miles southeast of Trout Lake, near Telluride, Colo. The tilted mass in the central foreground has slumped down from the higher land to the right. (*Hole*)

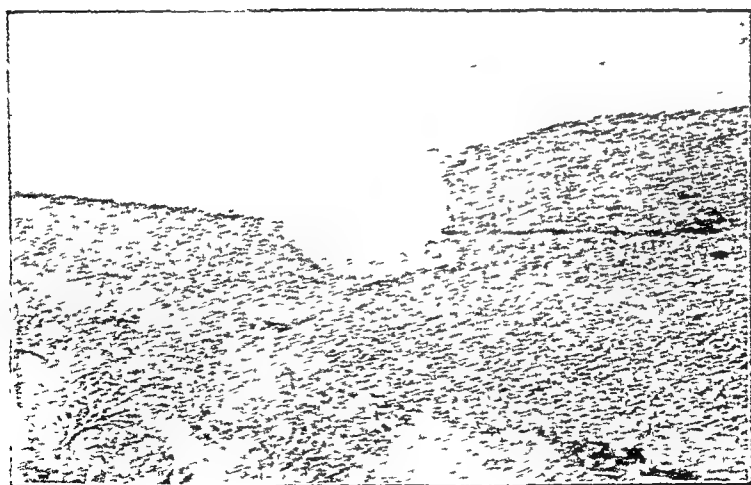


Fig. 104

Talus at base of valley slope, ready to be carried off by the stream. Little Canyon—looking south into Snake River.
(*U. S. Geological Survey*)

उन समस्त विधियों, जो कि घाटियों के ढालों को काटती रहती हैं, के परिणामस्वरूप सलग्न (adjacent) घाटियाँ यहाँ तक चौड़ी हो सकती हैं कि उनके



Fig 105

Diagram showing streams in adjacent valleys, undercutting the divide between them. They may, in time, destroy the divide by lateral planation

बीच का विभाजक कटकर समाप्त हो जाए (चित्र १०५ और १०६)। परन्तु अधिकतर घाटियों के मध्य का विभाजक पूर्णतः विलुप्त होने की अपेक्षा नीचा हो जाता है (चित्र १०७, ५)।

समपृष्ठ घाटी (Valley flats)

जैसा पहले ही ध्वनित (implied) हो चुका है कि अपने जलमार्गों को नीचे निम्न-प्रवणता (low gradient) तक काट चुकने के पश्चात् नदियाँ अपनी घाटियों के तलों में सपाट

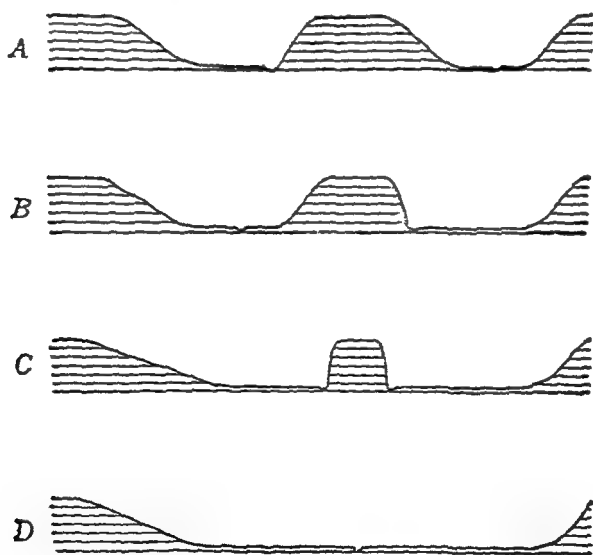


Fig. 106

Diagram to show the divide between streams may be done away with by lateral planation. In A the stream at the left is represented as undercutting the divide between the two valleys. Later, by shifting of its channel, the stream in the other valley might undercut the other slope of the divide, as shown in B. In C both streams are represented as undercutting the divide between them, and in D the divide has been done away with.

(flats) अथवा बाढ़-मैदान (flood plains) विकसित करती है। ये मैदान सदैव उस तल के स्तर से नीचे होते हैं जिसमें कि घाटी स्थित होती है। जैसे, मिसिसिपी नदी में ड्युक (Dubuque) क्षेत्र में एक मैदान है जो दो और तीन किलोमीटर के मध्य चौड़ा है, अपने पास-पड़ोस से लगभग ६० मीटर (२०० फुट) नीचा है, और समुद्र-तल से लगभग १८० मीटर (६०० फुट) ऊँचा है। सेंट लुई (St. Louis) के समीप

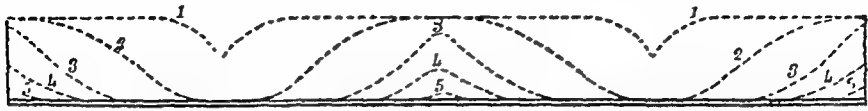


Fig. 107

Diagram to illustrate the leveling of the surface by valley erosion. The ground profile represented at the top shows two young valleys, 1 and 1, in an otherwise flat surface. In time these valleys will develop the cross-sections represented by 2, 2, and later those represented by 3, 3, 4, 4, etc. The divide between them may finally reach 5, when the surface is nearly flat.

का सपाट (flat) १६ किलोमीटर (१० मील) चौड़ा है, लगभग ४५ मीटर (१५० फुट) पास-पड़ोस से नीचा है, और लगभग ५५ किलोमीटर (४०० फुट) चौड़ा है, तथा समुद्र-तल से केवल ६७ मीटर ऊँचा है। विक्सबर्ग (Vicksburg) में इसकी समान चौड़ाई है और समुद्र-तल से ऊँचाई केवल २७ मीटर (९० फुट) है। यद्यपि अनुस्रोत (down-stream) की ओर के बाढ़ के मैदान की बढ़ती हुई चौड़ाई सामान्यतः घाटियों की विशेषता है, तो भी यह नहीं समझ लेना चाहिए कि चौड़ाई की वृद्धि एकसी (uniform) है। संकीर्णतर भाग (जैसे, जहाँ शिला अधिक प्रतिरोधी है) और दीर्घतर भाग (जहाँ शिला कम प्रतिरोधी है) एक दूसरे के बाद आ सकते हैं।

पूर्व-निर्धारित एक सामान्य अनुमान के साथ इन तथ्यों को मिलाते हुए, हम कह सकते हैं कि (१) नदियाँ निरन्तर स्थल के पदार्थ को समुद्र में पहुँचाने का प्रयत्न करती रहती हैं, (२) उपर्युक्त उद्देश्य की प्राप्ति के लिए जिस तल में घाटी स्थित है उसके सामान्य स्तर से नीचे वे सपाट मैदान विकसित करती हैं; और (३) साधारणतया ये सपाट मैदान समुद्र के समीप अधिक चौड़े और अधिक नीचे होते हैं और समुद्र से दूर अधिक सँकरे और अधिक ऊँचे रहते हैं। पृष्ठ ८ से १० तक और चित्र १०८ और १०९ विभिन्न प्रकार के प्रदेशों में घाटी के सपाट को प्रकट करते हैं।

अधिकांश समपृष्ठ घाटियाँ (valley flats) मुख्य रूप से नदियों के मन्द पड़ जाने के पश्चात् उनके द्वारा पार्श्वों (sides) के कटने से विकसित होती हैं (पृष्ठ ८)। जो नदियाँ समपृष्ठ घाटियों में होकर बहती हैं वे सामान्यतया विसर्पण (meander) करती हैं अर्थात् उनके मार्ग बहुत टेढ़े-मेढ़े (winding) होते हैं (पृष्ठ ६, १० और ११)।

समपृष्ठ घाटी (flat valleys) किसी चरम-स्तर (base-level) का आरम्भ

होती है, यद्यपि नदी द्वारा विकसित प्रथम समपृष्ठ साधारणतया वह निम्नतम स्तर नहीं होता जहाँ तक कि नदी अपनी घाटी की तलैटी को ला सकती है। यह वह

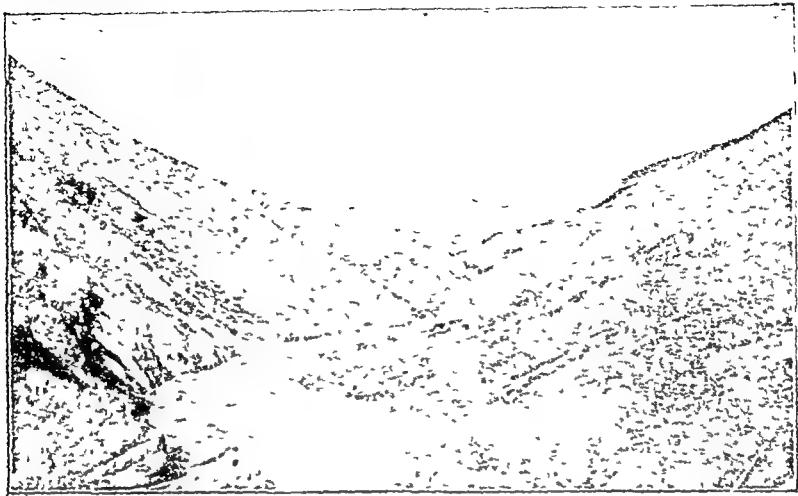


Fig. 108

A valley flat in an early stage of development. Monte Cristo Creek Alaska (*U. S. Geological Survey*)

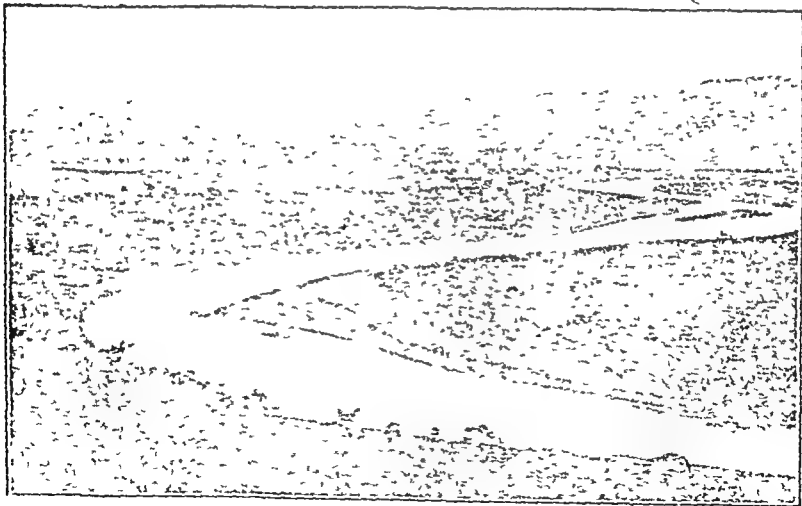


Fig 109

A wide valley flat Milk River near Pendant d'Oreille, Canada.
(*U. S. Geological Survey*)

निम्नतम स्तर है जिस तक नदी अपनी घाटी को उन परिस्थितियों में ला सकती है जो उस समय वर्तमान रहती हैं जबकि समपृष्ठ विकसित होता है। यदि यह

समपृष्ठ बहुत चौड़ा हो जाता है तो यह एक अस्थायी चरम-स्तर है, और एक सीमा का कार्य करता है जिसके नीचे सहायक नदियाँ न काट सकें। बाद में, परिवर्तित परिस्थितियों में, नदी अपने जलमार्ग को अपने प्रथम समपृष्ठ से नीचे काट ले जा सकती है, और जब एक मुख्य नदी द्वारा ऐसा किया जाता है तो उसकी समस्त सहायक नदियाँ ऐसा कर सकती हैं।

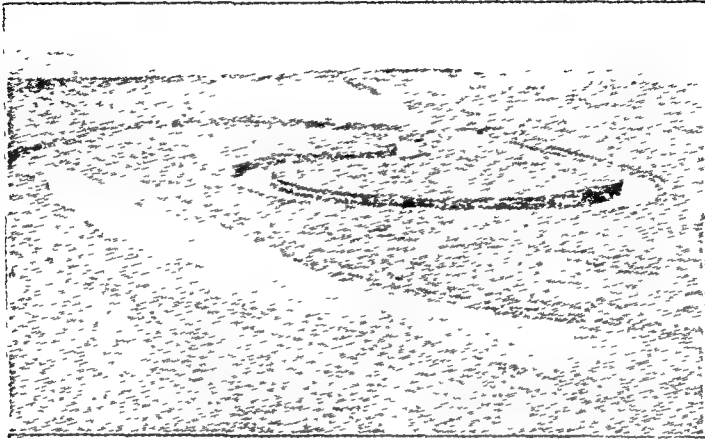


Fig. 110

Trout Creek, Yellowstone Park. (U. S. Geological Survey)

घाटियों को लम्बा करना (Lengthening of valleys)—विभिन्न प्रकार से घाटियाँ लम्बी भी बनती हैं। एक प्रकार का उदाहरण उन जलदरियों (gullies) द्वारा प्राप्त होता है जो भारी वर्षा के समय पहाड़ी भागों में बन जाती हैं। एक महावृष्टि में निर्मित जलदरी दूसरी वृष्टि में अपने ऊपरी सिरे (अभिशीर्ष—

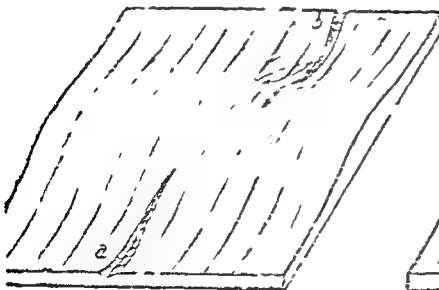


Fig. 111

Fig. 111. Two young valleys heading toward each other.

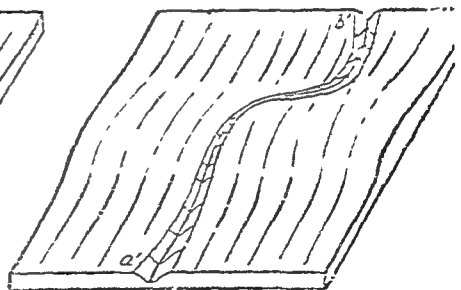


Fig. 112

Fig. 112. Valleys of Fig. 111 developed headward until their respective heads have met and the divide has been lowered a little at the point of meeting.

headward) पर उम जल द्वारा, जो उसके शीर्ष पर बहकर आता है, लम्बी बन जाती है। लम्बी बनने की विधि कभी-कभी एक ही महावृष्टि की प्रगति की अवधि में भी देखी जा सकती है। अनेक घाटियों के शीर्ष उपघाटियों अथवा जलदरियों की

विशेषताएँ रखते हैं। जलमय में घाटियाँ कुछ दशाओं में उन विकसित उपघाटियों में अधिक नहीं हैं जो पहाड़ी जनवर्गियों की भाँति अब भी अपने शीर्ष को आन्तर-स्थल (inland) में बढ़ाती जा रही हैं।

अब तक एक स्थायी विभाजक (permanent divide) स्थापित नहीं होता है, इस पद्धति द्वारा घाटी का शीर्ष आगे की ओर बढ़ता जा सकता है। जैसे, चित्र १११ में a और b घाटियों के शीर्ष उच्च भूमि में दूर तक पीछे, बढ़ सकते हैं, किन्तु जब घाटियों के शीर्ष चित्र ११२ में दिखाये गये बिन्दुओं तक पहुँचते हैं, तो उनमें से कोई भी आगे नहीं बढ़ सकता, गर्त केवल यह है कि विभाजक के दोनों ओर अपसरण की गतियाँ (rates) समान हों। तब विभाजक स्थायी हो जाता है, क्योंकि, यद्यपि लगातार दृष्टि उसे नीचा कर सकती है, वह अपनी स्थिति का स्थानान्तरण नहीं कर सकता है (चित्र ११३)।

यह नहीं मनजना चाहिए कि नवी घाटियाँ अपने शीर्षों पर इस प्रकार में लम्बी बनायी जा रही हैं; जैसे सेंट लॉरेंस (St. Lawrence) नदी का शीर्ष ओन्टारियो झील (Lake Ontario) के पाद (foot) में है और यह तब तक वही रहेगा जब तक कि झील का किनारा वहाँ रहे जहाँ कि वह अब स्थित है।

अपनी लम्बाई के बड़ाव-कम में एक घाटी का शीर्ष दूसरी घाटी में पहुँच सकता है और तब दोनों मिलकर एक हो जाती हैं। यह चित्र ११४ में निदर्शित किया गया है। कुछ नदियाँ अपने निम्नतर शीर्षों (lower ends) पर लम्बी बनती



Fig. 113

Diagram to illustrate the lowering of a divide without shifting it. The crest of the divide is at a, b, and c successively. If the erosion was unequal on the two sides, the divide would be shifted.

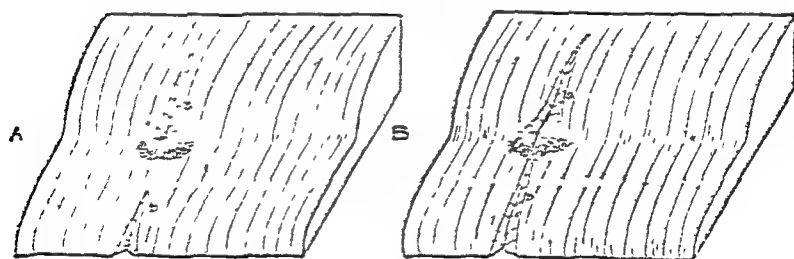


Fig. 114

Diagram to illustrate one mode of valley lengthening. In A there are two small valleys, a and b, and the former ends at the base of the steep slope. In B the valley b is represented as having been lengthened so as to join a, and the two have become one.

है। ऐसा वहाँ पर होता है जहाँ नदियाँ द्वारा अपने निम्नतर शीर्षों पर बनाया हुआ गमछट समुद्र के भीतर स्थल भाग निर्मित कर देता है। फिर नदियाँ उन नवनिर्मित

भूमि के मध्य में रास्ता बना लेती हैं। ऐसे स्थलों के मध्य नदियाँ जलमार्ग बनानी हैं, किन्तु अधिक गहरी घाटियाँ कभी नहीं बनाती। इन प्रकारों के अतिरिक्त घाटियों के लम्बे होने के अन्य प्रकार भी होते हैं किन्तु उनका विचार यहाँ पर नहीं किया जाएगा।

सारांश—सभी घाटियाँ निरन्तर अपने मार्ग के कम से कम किसी एक भाग में अधिक गहरी और चौड़ी बनायी जाती रहती है, और कुछ घाटियाँ अधिक लम्बी होती जा रही हैं। सभी नदियाँ ढेर-मवेर अपनी घाटियों में समपृष्ठ (flats) विकसित करती हैं, और ये समपृष्ठ चौड़ाई में तब तक बढ़ सकते हैं जब तक कि उनके बीच के विभाजक (divides) घिस न जाएँ। जहाँ नदियों के बीच के विभाजक नदियों के पार्श्विक समकरण (lateral planation) द्वारा घिस नहीं जाते, वहाँ वे इतने नीचे हो जाते हैं कि वे नगण्य बन सकते हैं। किसी भी स्थिति में प्रभावित क्षेत्र एक ऐसे निम्न स्तर पर, जिस तक कि बहता हुआ पानी उसे काट सकता है, प्रायः एक समपृष्ठ मैदान बन जाता है। तब स्थल का चरम-स्तर प्राप्त हो जाता है।

नदी-तन्त्र का इतिहास (The History of a River-System)

चूँकि घाटियाँ प्रतिवर्ष अधिक गहरी, अधिक चौड़ी और अधिक लम्बी होती रहती हैं, अतः वे आज की अपेक्षा पहले अवश्य छोटी रही होंगी। यदि हम कल्पना द्वारा उनके इतिहास के अतीत काल की ओर अनुमार्गण (trace—पता) करें, तो हम एक ऐसे समय की कल्पना कर सकते हैं जबकि आधुनिक बड़ी घाटियाँ (large valleys) छोटी थीं, जबकि छोटी घाटियाँ (small valleys) केवल उपघाटियाँ (ravines) थी, जबकि उपघाटियाँ केवल जलदरियाँ (gullies) थी, और जबकि आधुनिक जलदरियाँ विद्यमान भी न थीं। अथवा और सुदूर अतीत की ओर जाकर हम एक ऐसे समय की कल्पना कर सकते हैं, जबकि बड़ी घाटियाँ केवल आरम्भ ही हो रही थीं।

घाटी की उत्पत्ति और विकास की एक प्रमुख विधि एक जलदरी के विकास द्वारा निर्दिष्ट होती है। वर्षा का जो जल तल पर गिरता है वह स्वभावतः उन गड्ढों में इकट्ठा होता है जो विद्यमान होते हैं और उनमें से होता हुआ ढाल के नीचे की ओर बहता है। गड्ढों में इकट्ठा हुआ जल, उस जल की अपेक्षा जो इस प्रकार इकट्ठा नहीं होता है, अधिक तीव्रता से बहता है, और अन्य स्थानों की अपेक्षा वह वहाँ पर तल को काट देता है और एक जलदरी को आरम्भ कर देता है। एक वर्षा के समय में आरम्भ हुई जलदरी दूसरी वर्षा द्वारा अधिक गहरी, चौड़ी और लम्बी बना दी जाती है। प्रतिवर्ष बारम्बार वर्षा और हिम के पिघलने के फलस्वरूप, जलदरी एक उपघाटी में परिवर्तित हो सकती है और कुछ काल के उपरान्त, उन्हीं विधियों द्वारा, उपघाटी एक घाटी में बदल सकती है। एक पहाड़ी जलदरी आकार के अतिरिक्त वस्तुतः एक नदी-घाटी के ही समान होती है और अनेक घाटियाँ केवल विस्तृत हुई जलदरियाँ ही हैं।

परन्तु सभी जलदरियाँ घाटियाँ नहीं हो जाती हैं, और न सभी घाटियाँ

कम कठोर हो तो जलदरी का शीर्ष उस पदार्थ को पहले काटेगा जो अधिकतम सरलता से कट सकता है, चाहे उस ओर से आते हुए जल की मात्रा अन्य ओर से बहकर आते हुए जल की मात्रा से कम ही क्यों न हो। अतः ढाल अथवा पदार्थ की विषमता जलदरी के शीर्ष को कभी एक दिशा में और कभी दूसरी दिशा में घूम जाने के लिए वाध्य कर देती है, और जिस ओर जलदरी का शीर्ष जाता है उसी ओर इसमें विकसित होने वाली घाटी, यदि जलदरी घाटी का रूप धारण करती है, उसका अनुसरण करती है। अनेक घाटियों का टेढ़ा-मेढ़ापन इस प्रकार समझ में आ जाता है।

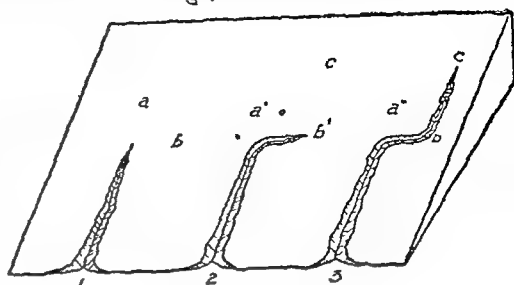


Fig 118

Diagram to illustrate the direction of lengthening of a valley. At 1 the valley is straight. If at this stage more water comes in from the direction *b* than from the direction *a*, the wear is greater toward *b* than toward *a*, and the head turns as shown in 2. If at this stage more water comes in from the direction *c* than from any other direction, the head turns in this direction, as shown in 3.

स्थायी धारा (The permanent stream)—किसी जलदरी में सामान्यतया पानी केवल उसी समय बहता है जबकि वृष्टि होती है अथवा हिम पिघलती है, और उसके बाद वह थोड़े समय तक बहता है। परन्तु अनेक घाटियाँ जलदरियों से विकसित हुई हैं और कभी न कभी अधिकांश घाटियों में स्थायी नदियाँ भी बन जाती हैं। (अब प्रश्न यह है कि) इस स्थायी नदी के लिए पानी कहाँ से आता है?

इस प्रश्न के उत्तर का अनुमान सरलता से किया जा सकता है। जब कोई

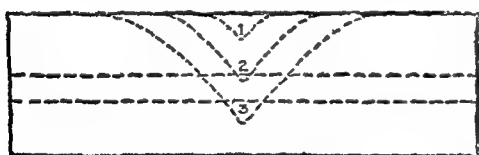


Fig 119

Diagram showing ground-water surface *a* the ground-water surface at ordinary times, and *b* in times of drought. When a valley has been cut below *a* there will be a stream in wet weather, but it will go dry in time of drought. When the valley is down to 3 below the ground-water surface of dry weather the stream will be permanent.

घाटी इतनी गहरी बन जाती है कि उसका तल भूमिगत-जल के स्तर से पर्याप्त नीचा हो जाए तो भूमिगत-जल घाटी में आश्चर्य (seeps—रिस-रिस कर आते रहना) करता है अथवा वह कर बाहर आ जाता है, और एक बार जब वह पर्याप्त मात्रा में घाटी में आ जाता है तो वह एक धारा बन जाता है (चित्र ११९)। चित्र ११९ के १ में जिस घाटी का अनुप्रस्थ-काट

(cross-section) दिखाया गया है उसमें कोई नदी नहीं होगी; २ द्वारा जिस घाटी का अनुप्रस्थ-काट निर्दिष्ट है उसमें आर्द्र ऋतु में नदी होगी जबकि भूमिगत-जल का स्तर a पर है; परन्तु ३ की घाटी में स्थायी नदी होगी क्योंकि यह भूमिगत-जल के शुष्ककालीन स्तर b से अच्छी तरह से नीचे है। उन प्रदेशों में जहाँ भूमिगत-जल का तल गहरा होता है, लघु सरिता को धारण करने के लिए घाटी गहरी होनी चाहिए। उन क्षेत्रों की उथली घाटियों तक में भी स्थायी लघु सरिताएँ हो सकती हैं जहाँ पर भूमिगत-जल का तल स्थल-तल के समीप होता है।

वे लघु सरिताएँ जिनको उन झीलों और लघु सरिताओं से जल प्राप्त होता है जिनके स्रोत ऐसे शीत एवं हिम क्षेत्रों में होते हैं जो वर्ष-प्रतिवर्ष बनी रहती हैं, स्पष्ट रूप से भूमिगत-जल पर निर्भर नहीं रहा करती हैं; किन्तु फिर भी यह सत्य है कि अनेक लघु सरिताओं को भूमिगत-जल भी प्राप्त हुआ करता है।

सभी घाटियाँ सयानी नालियाँ (पूर्ण विकसित अवनालिकाएँ) नहीं होतीं (Not all valleys are grown-up gullies)—सभी घाटियों का निर्माण अवनालिकाओं के विकास के कारण नहीं हुआ करता है। उदाहरण के लिए, उत्तरी अमेरिका के उत्तरी भाग का एक बड़ा क्षेत्रफल प्राचीनकाल में शीत एवं हिम की चादलों से ढका हुआ था। जब यह हिम अन्त में पूर्णरूप से पिघल गयी तो धरातल के बड़े भागों में ऐसी घाटियाँ बन गयी जिनकी कोई निश्चित परिभाषा नहीं की जा सकती थी। इन घाटियों में झीलों की सख्या अनगिनत थी। वर्षा के कारण इनमें से अनेक झीले पानी से लबालब भर गयी और जल किनारों को तोड़कर बाहर की ओर को बहने लगा। जब किसी झील का जल किनारों से बाहर की ओर चलता है तो वह निचली सतह की ओर तब तक बहता रहता है जब तक कि उसको ढलान मिलता रहता है। इस अवस्था में, दीटना हुआ जल अपने समस्त मार्ग में झील से लेकर धारा के अन्त तक घाटियाँ काटता जाता है। ऐसी घाटी का कोई भी भाग एक दूसरे भाग में अधिक पुराना नहीं होता है। इस प्रकार से विकसित घाटियों में आरम्भ में स्थायी धाराएँ हो सकती हैं क्योंकि वे भूमिगत-जल पर निर्भर नहीं होती हैं। इस प्रकार से विकसित घाटी के मार्ग का निश्चय घाटी के शीर्ष की उत्पत्ति के ओर की दिशा पर आधारित नहीं होता है बल्कि उस दिशा पर निर्भर होता है कि पानी ने आरम्भ में कौनसी दिशा ग्रहण की थी। दूसरे शब्दों में, यह मार्ग सर्वाधिक नीचे उतरने हुए ढाल पर निर्भर होता है।

सहायक नदियों का विकास (Growth of tributaries)—अधिकांश घाटियों में अनेक छोटी-छोटी महायक नदियाँ आकर मिल जाती हैं। इसका कारण एक जलदरी (gully—नाली) के अध्ययन में समझा जा सकता है। यदि किसी जलदरी के सभी ढाल सभी स्थानों पर एक ही गति में घिस जाएँ तो महायक घाटियाँ न बनें; परन्तु किनारे समान रूप से कदाचित् ही, अथवा कभी नहीं, कट पाते हैं।

ऐसा होता है कि या तो पदार्थ कुछ स्थानों पर अन्यो की अपेक्षा अधिक मुलायम होता है अथवा ढाल ने नीचे बहता हुआ जल कुछ रेखाओं के पास अन्यो की अपेक्षा अधिक एकत्रित हो जाता है।

दोनों ही परिस्थितियों में किनारे के ढालों का अपक्षरण (erosion) कुछ रेखाओं के पास अन्यो की अपेक्षा अधिक होता है, और जहाँ किसी मुख्य जलदरो के ढाल पर अपक्षरण समीपवर्ती खण्डों की अपेक्षा अधिक होता है, वहाँ एक नहायक जलदरो आरम्भ हो जाती है (चित्र १२०)।

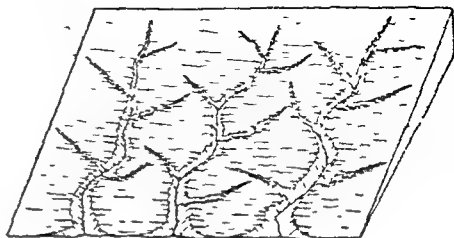


Fig 120

Diagram showing tributaries in an early stage of development.

अन नहायक जलदरियाँ उभी प्रकार और उनी कारण ने विकसित होती हैं जैसे कि बड़ी जलदरियाँ जिनसे कि वे बढ़ती हैं। नहायक जलदरी मुख्य जलदरी की ही भाँति लम्बाई, चौड़ाई और गहराई में बढ़ती है और कुछ समय के पश्चात् यह एक घाटी बन सकती है और एक स्थायी नदी का रूप ग्रहण कर सकती है। क्रमानुसार इन नहायकों की भी सहायके यहाँ तक विकसित हो जाती हैं कि जलमार्गों का एक जाल तल को प्रभावित कर देता है। चित्र १२१ और १२२ तलों की इस स्थिति को प्रदर्शित करते हैं। किसी झील

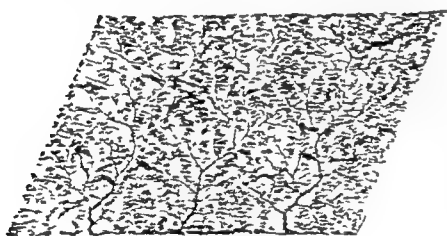


Fig. 121

Diagrammatic representation of a surface much dissected by the development of numerous tributaries.

के बाहरी बहाव से उत्पन्न घाटी की नहायक घाटियों का विकास उनी प्रकार में होता है जैसे कि जलदरी ने उत्पन्न घाटी की नहायकों का होता है। इस प्रकार की घाटी अन्य झीलों के जल के भीतरी प्रवाह द्वारा भी नहायकों को प्राप्त कर सकती है।

कोई घाटी और उसकी नहायक घाटियाँ एक घाटी-तन्त्र (valley-system) का निर्माण करती हैं।

एक नदी और उसकी नहायक नदियाँ मिलकर जल के निकास का माध्यम बनती हैं और एक घाटी-तन्त्र के मध्य एक नदी-तन्त्र (river-system) द्वारा बहाये गये जल के क्षेत्र को एक अपवाह-क्षेत्र (drainage basin) कहते हैं। जिन परिस्थितियों में एक घाटी-तन्त्र विकसित होता है उनके कारण अनेक अपवाह-क्षेत्रों की रूपरेखा एक अनियमित नाशपानी के आकार की हो जाती है (चित्र १२३)।

एक घाटी के इतिहास की अवस्थाएँ (Stages in the history of a valley)—हमने देखा कि घाटियाँ जिननी ही पुगनी होती जाती हैं उतनी ही वे नानान्यतः बढ़ती भी जाती हैं। एक युवा (नई) घाटी कम चौड़ी होती है और

उसके ढाल सीधे होते हैं। यदि स्थल ऊँचा होता है तो ढाल-प्रवणता (slope gradient) उच्च होती है (जब तक समुद्र से बहुत दूर न हो) और घाटी शीघ्र ही गहरी हो जाती है। तब इसकी अनुप्रस्थ-काट (cross-section) कुछ-कुछ V के

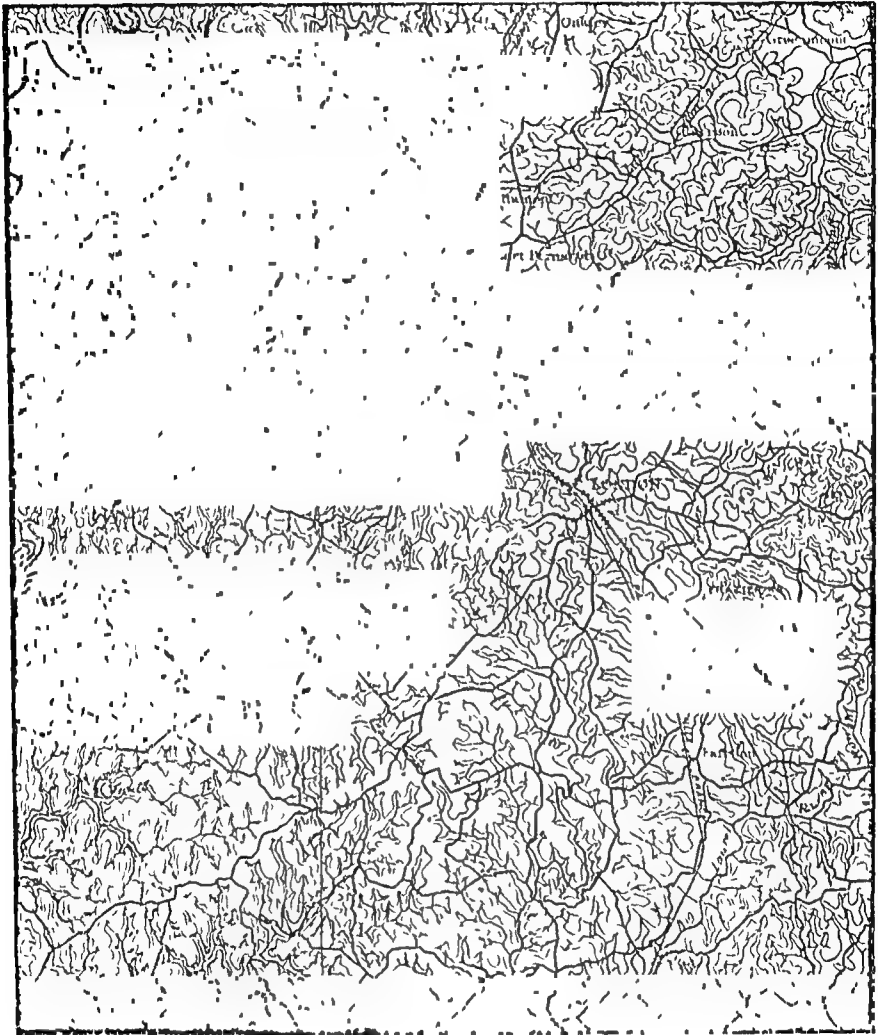


Fig. 122

Contour map of the area shown in Fig. 90, representing the same type of surface shown in Fig. 121.

आकार का होती है (चित्र १२४) और इसकी सहायक नदियाँ छोटी होती हैं। प्रौढ़ घाटी (mature valley) अधिक चौड़ी होती है (चित्र १२५), साधारणतया इसके ढाल सरल होते हैं और इसकी सहायक अधिक लम्बी और अधिक पुरानी होती हैं। एक वृद्ध घाटी (old valley) चौड़ी होती है; उसका समतल मैदान अथवा बाढ़ मैदान चौड़ा होता है तथा ढाल भी अधिक होता है।

एक सरिता भी, अपनी घाटी के ही समान, वाल्यावस्था से प्रौढावस्था और प्रौढावस्था से वृद्धावस्था को प्राप्त करती है। अपनी वाल्यावस्था में जब तक कि वह निचली भूमि में होकर न बहे तो उसके तीव्र और वेगवती होने की सम्भावना होती है। प्रौढावस्था में वह अपने प्रवाह में बहुत अधिक स्थिर रहती है, और जब वह वृद्धावस्था को प्राप्त होती है तो वह अपने विस्तृत मैदान में टेढ़ी-मेढ़ी चाल से चलती है। किन्तु बाढ़ के समय एक वृद्ध सरिता भी एक बाल सरिता की-सी शक्ति धारण कर सकती है।

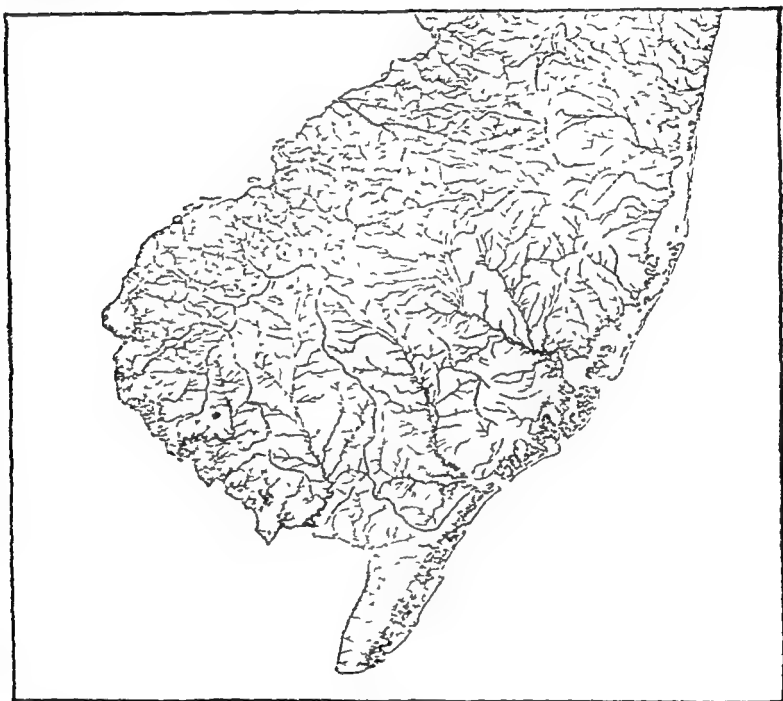


Fig. 123

Map of the principal streams of southern New Jersey, and outlines of their basins, shown in dotted lines.

नदी-तन्त्रों के लिए भी बाल, प्रौढ और वृद्ध शब्दों का प्रयोग किया जाता है। प्रत्येक नदी-तन्त्र अपक्षयण (weathering) की सहायता से अपनी अपवाह-द्रोणी (basin) से उस समस्त स्थल को जो समुद्र-तल से ऊँचा है, समुद्र में बहा ले जाने का कार्य आरम्भ कर चुका है। जब तक नदी-तन्त्र के सम्मुख अपने इस कार्य का बड़ा भाग उपस्थित रहता है, जब तक वह वाल्यकाल में ही गिनी जाती है (पृष्ठ १२ का चित्र १)। वाल्यकाल में द्रोणी की भूमि जल का निष्कासन भलीभाँति नहीं कर पाती और उसमें अनेक झीलें और तालाब उत्पन्न हो सकते हैं (पृष्ठ ३)। जब मुख्य घाटियाँ चाँदी और गहरी हो जाती हैं और उच्च भूमि के क्षेत्र घाटियों



Fig. 124

A Young V-shaped valley, the Stehekin River.
Wash. (*U. S. Geological Survey*)

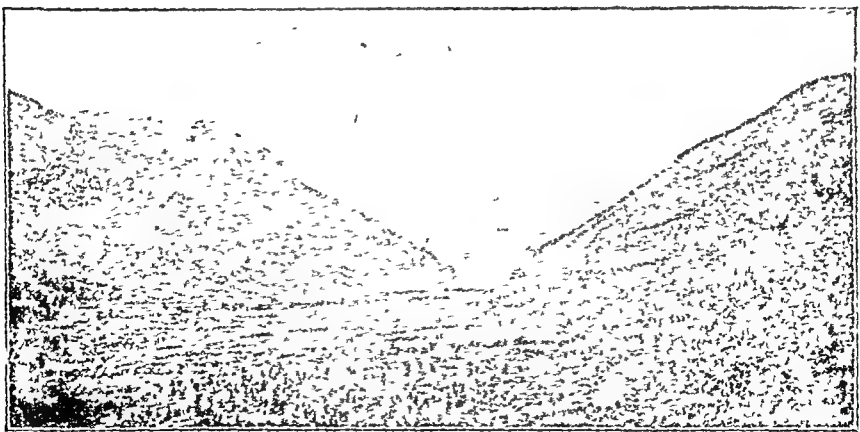


Fig 125

A valley much older than that shown in Fig 124, Gray Copper
Guleh, southwestern Colorado (*U. S. Geological Survey*)

द्वारा अच्छी तरह से कट चुकते हैं तो नदी-तन्त्र की प्रौढावस्था कही जाती है (पट्ट १२ का चित्र २)। इस समय स्थल जल को बाहर की ओर भेजने में पूर्ण समर्थ होता है। जब द्रोणी को चरम-स्तर तक पहुँचा देने का कार्य प्रायः समाप्त-सा ही हो जाता है तो नदी-तन्त्र वृद्धावस्था को प्राप्त कर चुकता है (पट्ट ६ का चित्र ३)। किसी अपवाह-तन्त्र (drainage system) की मुख्य धारा अपनी सहायको की अपेक्षा प्रौढता और वृद्धावस्था की विशेषताएँ अधिक शीघ्रता से धारण कर लेती है। यह क्रिया ऊपरी प्रवाह की अपेक्षा निचले प्रवाह में अधिक शीघ्रता से होती है।

किसी जल के निकास की द्रोणी (drainage basin) की स्थलाकृति (topography) अपने नदी-तन्त्र के बाल्यकाल के समय युवा, प्रौढता के साथ प्रौढ, और जल के निकास की वृद्धता के साथ ही वृद्ध होती है। बाल्यकालीन स्थलाकृति के क्षेत्र में तल का पर्याप्त भाग इस अवस्था तक अपक्षरण (erosion) द्वारा अधिक प्रभावित नहीं रहता है (पट्ट ७ का चित्र १), प्रौढ स्थलाकृति के क्षेत्र में तल का अधिक भाग अपक्षरण द्वारा ढालों में परिवर्तित हो चुकता है (पट्ट ७ का चित्र २); और वृद्ध स्थलाकृति के क्षेत्र वे होते हैं जो अपक्षरण द्वारा एक सामान्य एवं सपाट मैदान के तल पर आ चुके होते हैं (पट्ट ६ का चित्र ३)। किसी जल के निकास की द्रोणी के कुछ भाग, विशेषकर वे भाग जो मुख्य सरिता के निकट होते हैं, वृद्धावस्था की विशेषताओं को ग्रहण कर सकते हैं। इसके विपरीत वे अन्य भाग जो मुख्य धारा से दूर पर होते हैं, प्रौढता अथवा बाल्यावस्था से भी आगे नहीं बढ़ पाते हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अध्याय ५ और ६ को देखिए।

अपक्षरण-चक्र (Cycle of erosion)—किसी जल के निकास की द्रोणी अथवा अपवाह द्रोणी (drainage basin) के सम्पूर्ण भाग में एक चरम-स्तर (base-level) के विकास के लिए जितना समय लगता है उसको अपक्षरण-चक्र कहते हैं। समय की यह अवधि पर्याप्त लम्बी होती है। जब तक स्थल ऊँचा रहता है और धाराएँ तीव्र होती हैं, अपक्षरण शीघ्रता से होता है, किन्तु ज्यों-ज्यों स्थल चरम-स्तर के समीप पहुँचता जाता है, अपक्षरण की क्रियाएँ घटती चली जाती हैं। अतः चरम-स्तर की प्राप्ति की विधि का अन्तिम भाग मन्दतम होता है।

प्रायसम भूमि (Peneplains)—यह सदिग्ध है कि क्या कोई विस्तृत स्थलखण्ड कभी भी पूर्णतः चरम-स्तर तक घिसा है, किन्तु कुछ बड़े क्षेत्र लगभग इस स्तर तक घिस चुके हैं। ऐसी स्थितियों में घाटियों के बीच में नीची पहाड़ियाँ अथवा कटक (ridge) बच रहते हैं, और शिलाओं की कठोर राशि परिभ्रंशन (degradation) के मैदान के सामान्य स्तर से अचानक ऊँची उठ सकती हैं। इस दशा में कोई प्रदेश एक प्रायसम भूमि (एक लगभग मैदान) कहलाता है (चित्र १२६)। इसका तल ऐसा होता है जो लगभग, किन्तु पूर्णतः नहीं, चरम-स्तर तक लाया जा चुका होता है। यदि कम विस्तार की उल्लेखनीय ऊँचाइयाँ (टीले) इसके तल से ऊपर

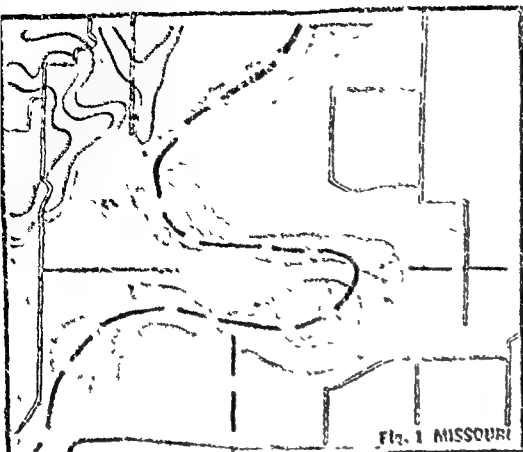


FIG. 1.—A meandering stream, The Missouri River. Scale 2—miles per inch. Contour interval 50 feet. (Marshall, Mo., Sheet U. S. Geol. Surv.)

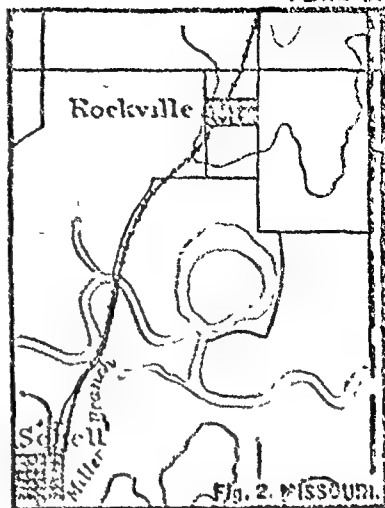


FIG. 2.—A further stage in the development of a meander. The Schell River, Missouri. Scale 2—miles per inch. Contour interval 50 feet. (Butler, Mo., Sheet. U. S. Geol. Surv.)

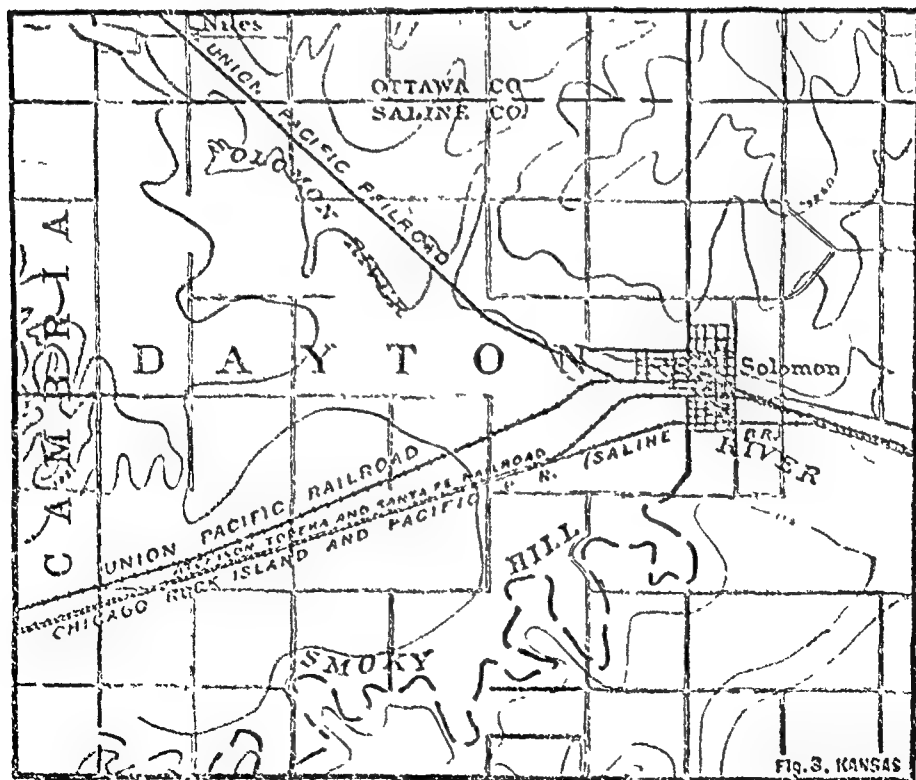
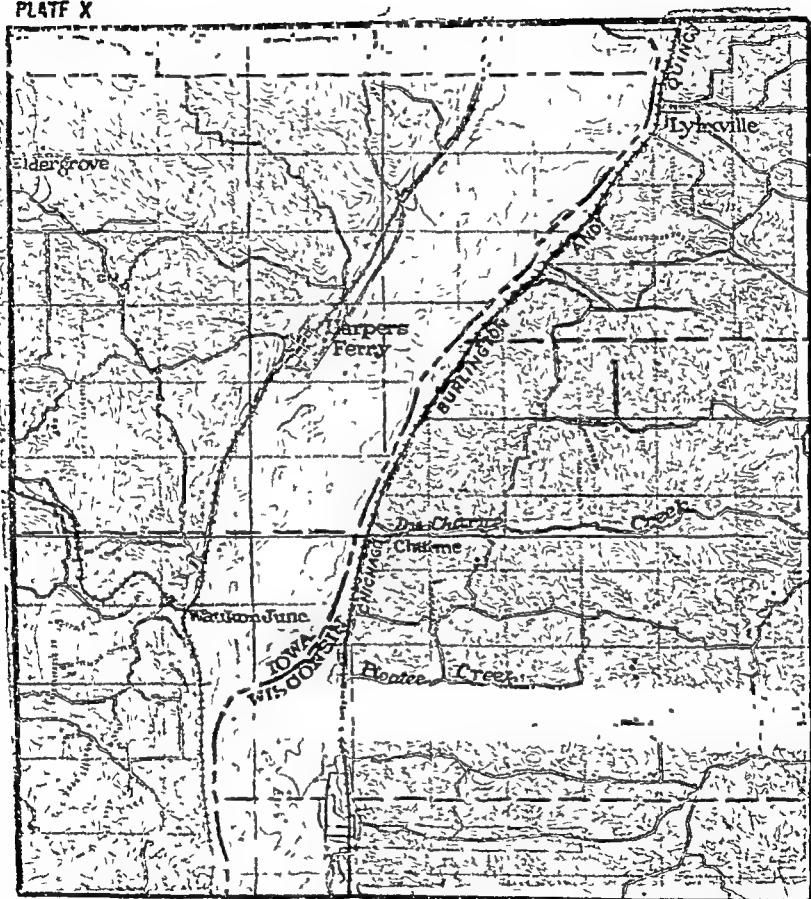
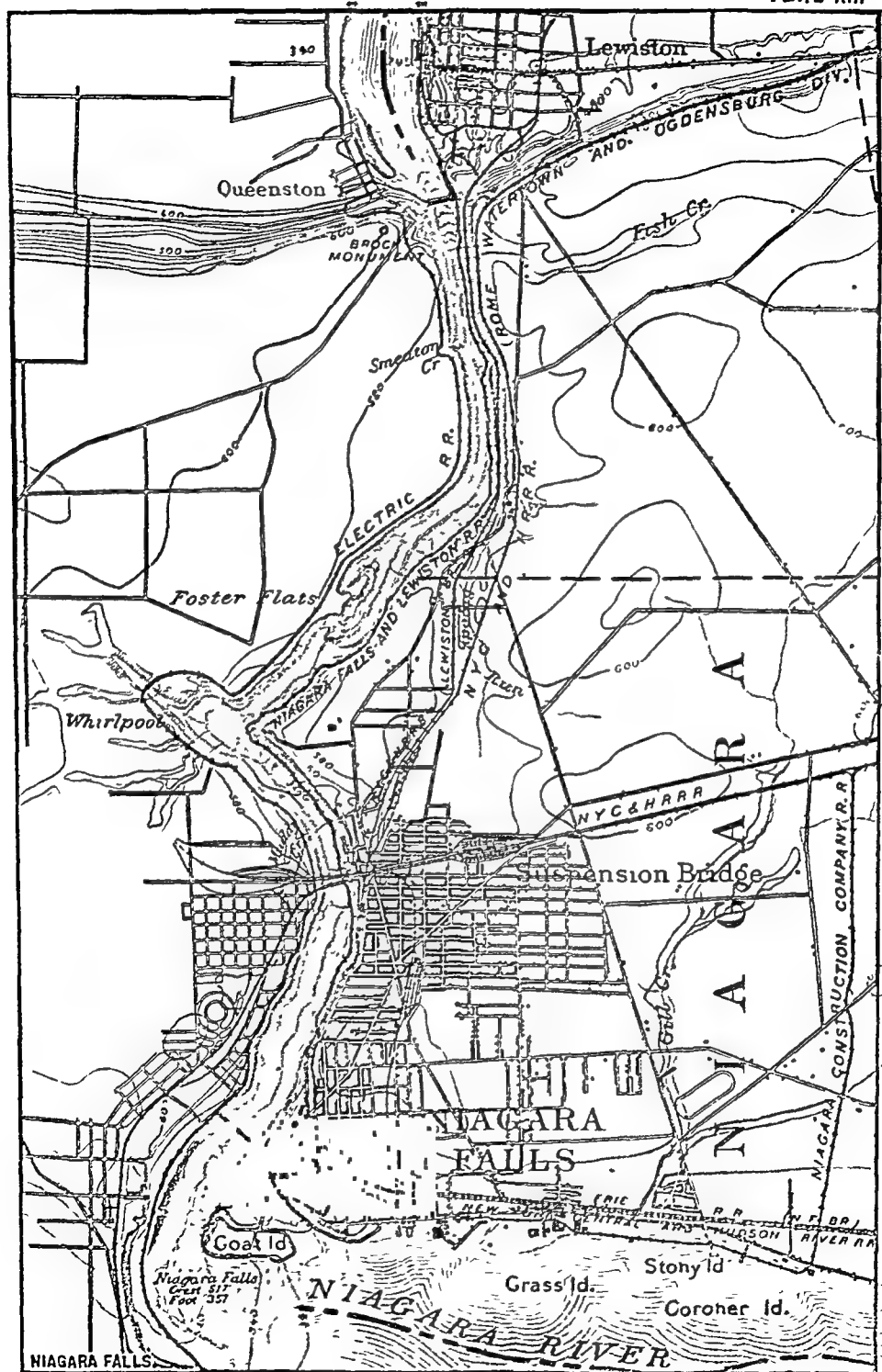


FIG. 3.—A plain in old age. Scale 2—miles per inch. Contour interval 50 feet. (Abilene, Kan., Sheet. Geol. Surv.)

PLATE X



A well-developed river flat. Valley of the Mississippi, near Prairie du Chien, Wis. Scale 2—Miles per inch. Contour interval 20 feet. (Waukon, Ia.—Wis, Sheet, U. S. Geol. Surv.)



The Niagara Gorge. Scale 1-mile per inch Contour interval 20 feet
(Niagara Falls Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE XIV



Entrenched meanders Scale 1-mile per inch. Contour interval 20 feet.
(Harrisburg, Pa., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

शेष रह जाती है तो उन्हें अवशिष्ट शैल (monadnocks) कहते हैं। यह नाम सयुक्त राज्य अमरीका के न्यू हैम्पशायर प्रदेश में माउण्ट मोनाडनक से लिया गया था क्योंकि यह पर्वत इसी प्रकार से बना था।

स्थल परिभ्रंशन की गति (Rate of Land Degradation)

चूँकि सभी स्थल बहते हुए जल द्वारा कटते रहते हैं, अतः यह जानना कि वे कितनी शीघ्रता से नीचे लाये जा रहे हैं, एक हित की बात है। यह जानना भी मनोरंजक है कि क्या स्थल पूर्णतया नष्ट हो जाएँगे, और यदि ऐसा ही है तो वे कितने समय तक अस्तित्व में रहेंगे।

वर्षों पूर्व यह अनुमान लगाया गया था कि मिसिसिपी नदी द्वारा मैक्सिको की खाड़ी में लायी गयी तलछट की मात्रा प्रत्येक वर्ष प्रायः १,६०,००,००० घन मीटर थी। तलछट की यह मात्रा यदि समान रूप से उस क्षेत्र पर फैला दी जाए जिसका जल मिसिसिपी नदी-तन्त्र (मिसिसिपी-ड्रोणी) द्वारा बहाया जाता है तो वह प्रायः एक सेण्टीमीटर के १/१६०वे भाग से अधिक मोटी तह बनायेगी। यदि घोल के रूप में समुद्र में ले जाये जाने वाले पदार्थ को भी इसमें सम्मिलित कर ले तो इस अनुमान से यह ज्ञात होगा कि मिसिसिपी-ड्रोणी की परिभ्रंशन गति लगभग ३,५०० वर्षों में केवल $\frac{3}{8}$ मीटर ही है। नवीनतम अनुमान से पता चलता है कि समुद्र में मिसिसिपी प्रतिवर्ष ३४,०५,००,००० टन पदार्थ आलम्बन (suspension) और १३,६४,००,००० टन पदार्थ विलयन (dissolved) के रूप में ले जाती है। ओहियो नदी की घाटी सम्पूर्ण मात्रा का लगभग ८,३०,००,००० टन पदार्थ, और इससे भी दुगुनी मात्रा में मिसौरी मिसिसिपी को अपना योगदान करती है। कोलोरेडो नदी

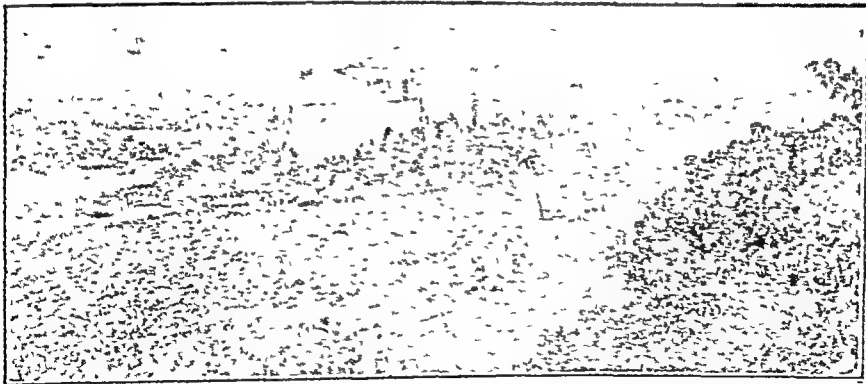


Fig 126

A peneplain near Camp Douglas, Wis. (Atwood)

अपनी ड्रोणी के प्रत्येक वर्ग किलोमीटर से औसतन लगभग ४०० टन वार्षिक पदार्थ ले जाती है। यह अनुमान किया जाता है कि सयुक्त राज्यो में प्रत्येक वर्ष समुद्र में प्रायः २७,००,००,००० टन पदार्थ विलयन के रूप में और प्रायः ५१,३०,००,००० टन पदार्थ आलम्बन के रूप में ले जाया जाता है। समस्त देश के लिए यह क्रिया

समग्र रूप में २७,००० वर्षों में लगभग एक मीटर की परिभ्रंशन की गति के अनुसार होती है ।

यदि यह गति बिना बाधा के चलती रहे और इसमें रुकावट डालने के लिए कोई अन्य घटना घटित न हो तो उत्तरी अमरीका का महाद्वीप प्रायः १,८०,००,००० वर्षों में समुद्र-तल के बराबर हो जाएगा, क्योंकि इसकी औसत ऊँचाई लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट) ही है । परन्तु जैसा हमने पहले कहा है कि तल के कटने की वर्तमान गति लगातार नहीं रह सकती क्योंकि जैसे-जैसे स्थल नीचा होता जाएगा वैसे ही वैसे अपक्षरण की गति मन्द पड़ती जाएगी, क्योंकि तब जल का प्रवाह अधिक मन्द हो जाएगा । वास्तव में जब तल चरम-स्तर पर पहुँच जाएगा तो बहते हुए जल का बलकृत अपक्षरण (mechanical erosion) बन्द हो जाएगा, यद्यपि विलयन (solution) फिर भी चलता ही रहेगा ।

अन्य परिवर्तन, जिनका वर्णन बाद में होगा, स्थल को चरम-स्तर तक परिभ्रंशित होने (घिसने) से रोकने के लिए घटित हो सकते हैं । अतः जहाँ तक परिभ्रंशन का प्रश्न है, उत्तरी अमरीका के महाद्वीप के केवल १,८०,००,००० वर्षों से अधिक काल तक रहने की आशा नहीं है, वरन् सम्भवतः अनिश्चित काल तक रहने की आशा है । फिर भी ये आँकड़े उस परिवर्तन की गति को सूचित करने में, जो स्थल पर वर्षा और हिम के गिरने के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते हैं, एक लाभदायक उद्देश्य की सिद्धि करते हैं ।

अपक्षरण की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting the rate of erosion)—बहते हुए जल द्वारा अपक्षरण की गति को प्रभावित करने वाली कुछ परिस्थितियों का वर्णन अथवा आभास पिछले पृष्ठों में दिया जा चुका है । सारांश के रूप में उनको पुनः यहाँ एकत्रित किया जा सकता है ।

बहता हुआ जल जिस गति से उस तल को जिस पर होकर वह बहता है, काटता है, वह गति प्रधानतया—(१) जल की मात्रा, (२) उसके वेग, (३) जिस पदार्थ के ऊपर बहता है उसकी विघेपताएँ, और (४) उसके द्वारा ढोये जाने वाले बोझ की मात्रा और विघेपताओं—पर निर्भर होती है ।

(१) नदियों के बाहर स्थल पर बहने वाले जल की मात्रा मुख्यतः वर्षा पर निर्भर होती है । नदी के जल की मात्रा मुख्यतः (अ) उसके जल का क्षेत्र कितना है, और (ब) इसकी द्रोणी में अपक्षेपण (precipitation) की मात्रा, पर निर्भर होती है । जितना ही बड़ा क्षेत्र होगा, और अपक्षेपण की मात्रा जितनी ही अधिक होगी, सरिता भी उतनी ही अधिक बड़ी होगी ।

(२) बहते हुए जल का वेग—(अ) क्षेत्र के ढाल, (ब) विघेपत उसकी (जल की) गहराई की मात्रा, (स) उसके बोझ, और (द) उसके (जल के) मार्ग का आकार और समाकृति (configuration) पर निर्भर करता है । जितना ही अधिक ऊँचा ढाल, अधिक विशाल मात्रा, कम बोझ और अधिक चिकना और सकुचित जल-मार्ग होगा, प्रवाह भी उतना ही अधिक होगा ।

वेग के सम्बन्ध में ढाल के प्रभाव के विषय में कुछ कहने की आवश्यकता नहीं है। जल की मात्रा की वृद्धि प्रवाह की गति को बढ़ा देती है। इस सत्य का स्पष्टीकरण इस परिचित घटना से होता है कि बाढ़ के समय नदी अन्य समयों की अपेक्षा तेज बहती है। बाढ़ में नदी की अपक्षरण (erosion) की शक्ति की बात पहले कही जा चुकी है (चित्र ८७ और ८८)। किसी भी रूप में तलछट को ढोना नदी की शक्ति के ऊपर एक भार होता है और जितना ही अधिक यह भार होगा उतना ही भार नदी के जल की शक्ति पर बढ़ जाएगा। यदि तलछट को ढोने में नदी को यह शक्ति न लगानी पड़े तो यह शक्ति नदी को अपने बहाव के लिए उपलब्ध हो सकती है। एक असम जलमार्ग की अपेक्षा एक सम जलमार्ग कम रोक उत्पन्न करता है, और इस प्रकार वह वेग को और भी अधिक बनाने में सहायक होता है। किन्तु चिकनाई से भिन्न, जो जलमार्ग प्रबल वेग का सहायक होता है, वह ऐसा होता है कि वह जल के साथ कम से कम क्षेत्र का सम्पर्क होने देता है। उदाहरण के लिए, एक अधिक गहरे और अधिक संकुचित जलमार्ग (चित्र १२८) की अपेक्षा एक चौड़े और उथले जलमार्ग (चित्र १२७) में जल का सम्पर्क तल के अधिक बड़े भाग के साथ होता है। चौड़े और उथले जलमार्ग में जल को अपने तल में अधिक बाधा मिलती है और बाधा से धारा धीमी पड़ जाती है। प्रायः प्रत्येक सरिता जो विभिन्न चौड़ाइयों वाले जलमार्ग से होकर बहती है, वहाँ पर अधिक वेग धारण कर लेती है जहाँ पर जलमार्ग कम चौड़ा होता है।

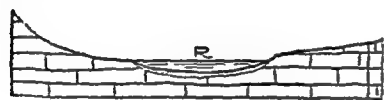


Fig. 127

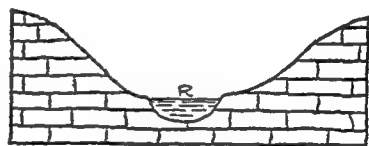


Fig. 128

Fig. 127. A broad, shallow river channel.

Fig. 128. A deeper and narrower channel than shown in Fig. 127, with the same gradient. A stream in a channel such as is represented in Fig. 128 will flow faster than one in such a channel as that shown in Fig. 127.

(३) सरिता की द्रोणी के तल की विणेषताएँ, और प्रधानतः उसके जलमार्ग में पड़ने वाले पदार्थ की विणेषताएँ, भी सरिता के अपक्षरण (erosion) की गति को प्रभावित करती हैं। यदि स्थल का तल, जिस पर वर्षा पड़ती है, नग्न और ठोस शिलाओं का है, तो तात्कालिक निस्काव (immediate run-off) सरिता में न के-तुल्य तलछट लाता है और यदि सरिता का तल नग्न और ठोस शिलाओं से निर्मित है तो सरिता भी उसे उस तल की अपेक्षा जो कीचड़ और बालू से निर्मित होता है, कम काटती है।

(४) अधिक से अधिक प्रभाव उत्पन्न करने की विधि से कार्य करने के लिए सरिता में पर्याप्त बौझ अवश्य होना चाहिए। यह बौझ औजार का काम देता

यह बौझ काटने के कार्य को अधिक जीघ्रता से करना है। किन्तु, साथ ही साथ, यह बौझ इतना अधिक भी नहीं होना चाहिए कि सरिता का प्रवाह मन्द पड़ जाए, और वह (नग्ना) अपने औजारों का प्रयोग प्रभावपूर्ण ढंग से न कर सके।

अपक्षरण से उत्पन्न विशेष प्रकार की आकृतियाँ (Exceptional Features Developed by Erosion)

प्रपाती खड्ड और कन्दराएँ (Canyons and gorges)—जब घाटियाँ इतनी कम चौड़ी और गहरी हो कि वे एक प्रकार से अपूर्व जान हो तो उन्हें कन्दराएँ अथवा प्रपाती खड्ड (gorges or canyons) कहते हैं। सामान्यतया प्रपाती खड्ड कन्दराओं से अधिक बड़े होते हैं, यद्यपि दोनों ही के मध्य कोई स्पष्ट और तीव्र अन्तर नहीं होता है। किन्हीं-किन्हीं परिस्थितियों में छोटी कन्दराओं और नये प्रपाती खड्डों के किनारे प्रायः ऊर्ध्वाधर (vertical) होते हैं (चित्र १२६), किन्तु बड़े प्रपाती खड्डों के किनारे कदाचित् ही ऐसे होते हैं (चित्र १३०)। एक प्रपाती खड्ड

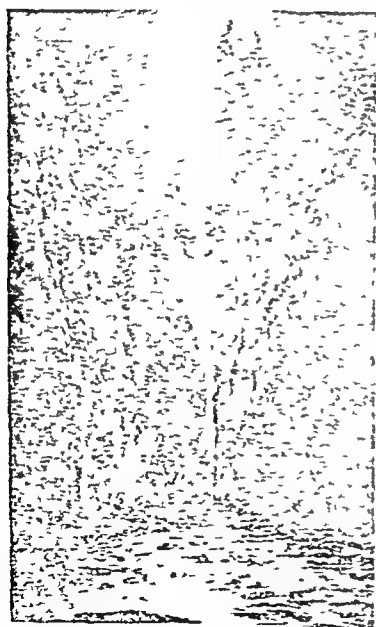


Fig 129

Oneonta Gorge. Canyon of the Columbia. Ore (Fairbanks)

और एक घाटी, जो कि प्रपाती खड्ड नहीं है, के मध्य का अन्तर अधिक तीव्र नहीं होता है, और उन प्रदेशों में, जहाँ प्रपाती खड्डों की अधिकता होनी है नभी घाटियों के लिए प्रायः इसी नाम का प्रयोग किया जाना है।

कोलोरेडो नदी का प्रपाती खड्ड (चित्र २४, २५ और १३०) अब तक के ज्ञात प्रपाती खड्डों में सबसे बड़ा है। इसकी अधिक से अधिक गहराई लगभग एक किलोमीटर है, परन्तु जहाँ पर उसकी यह गहराई है, वह अधिकांश स्थानों पर १२ से १६ किलोमीटर (८ से १० मील) तक चौड़ी है यद्यपि यह तल पर बहुत सँकरी है। १६ किलोमीटर (एक मील) गहरी और १३ किलोमीटर (८ मील) तक चौड़ी होने पर समान ढाल का कोण १५° से कम होगा। इस प्रकार के ढाल की घाटी की अनुप्रस्थ-काट (cross-section) चित्र १३१ में दिखायी गयी है।

परन्तु प्रपाती खड्ड के ढाल समान नहीं होते हैं, जैसा कि चित्र १३२ में दिखाया गया है। ढाल की विषमताएँ खड्ड की दीवारों की जिलाओं की कठोरता की अनमानताओं के कारण उत्पन्न होती हैं।

यैलोस्टोन नदी (Yellowstone River) भी एक विशेष प्रपाती खड्ड में बहती है जो लगभग ३० मीटर (१०० फुट) गहरी है (चित्र १३३ और पृष्ठ ४ का चित्र १)। कोलोरेडो के प्रपाती खड्ड की अपेक्षा इसकी चौड़ाई इसकी गहराई के अनुपात में कम है।

सँकरी घाटियों का अर्थ यह है कि घाटी को गहरा करने वाली विधियाँ घाटी को चौड़ा करने वाली विधियों में आगे बढ़ गयीं हों। इसका अर्थ यह है कि जिस धारा ने कन्दरा अथवा प्रपाती खड्ड बनाया था वह बेगवती थी, अथवा यह है कि घाटी को चौड़ा करने वाली विधियाँ मन्द थी, अथवा दोनों ही बातें थी।

जहाँ घाटियों का ढाल अधिक होता है और धारा प्रबल होती है वहाँ घाटियाँ गीघ्रता से गहरी होती चली जाती हैं। वे मन्द गति से चौड़ी वहाँ होती हैं जहाँ—
(१) जलवायु शुष्क होती है, अतः ढाल को घटाने (slope-wash) की क्रिया धीरे-

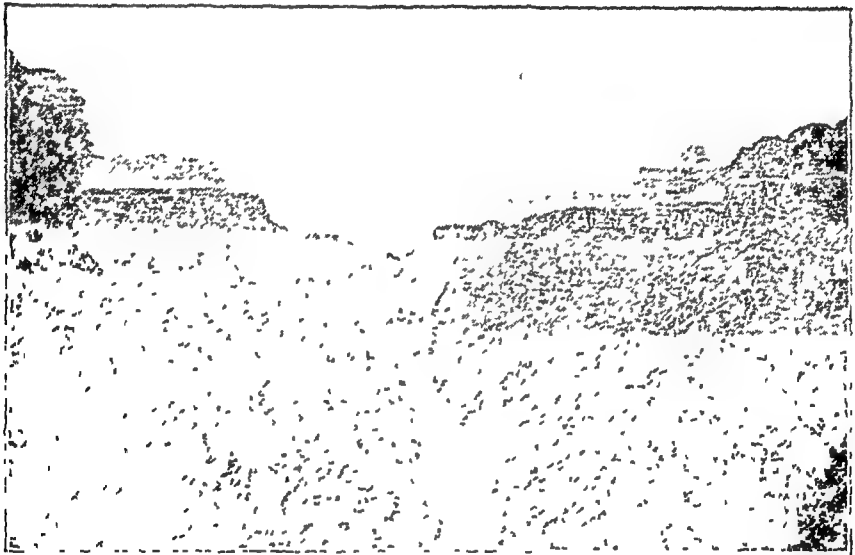


Fig. 130
Grand Canyon of the Colorado. (Peabody)

धीरे होती है, (२) धारा इतनी बेगवती होती है कि वह टेढ़ी-मेढ़ी सर्प की गति से नहीं चलनी है, और (३) किनारों का पदार्थ ऐसा है कि वह सीधे ढालों (steep slopes) सहित खड़ा होता है। उदाहरण के लिए, ठोस जिला जिथिल वालू की अपेक्षा अधिक सीधे ढालों के साथ खड़ी रहेगी। अतः हमारा माराण यह है कि (१) अधिक ऊँचाई, (२) शुष्क जलवायु, (३) प्रबल धाराएँ, और (४) चट्टानों की बनावट (rock structure)



Fig. 131

Diagram showing the proportions of a valley the width of which is eight times the depth. These are approximately the proportions of the Colorado Canyon.

जो सीधे ढालो में खड़ी रहेगी, प्रपाती खड्डों के प्रकार की घाटियों के विकास के अनुकूल होती है। दूसरे शब्दों में, यदि जलवायु और चट्टानों की रचना अनुकूल होती है तो पठारों और पर्वतों में युवा घाटियों के प्रपाती खड्डों के होने की सम्भावना रहती है। संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग के पठार ऐसी ही परिस्थितियाँ

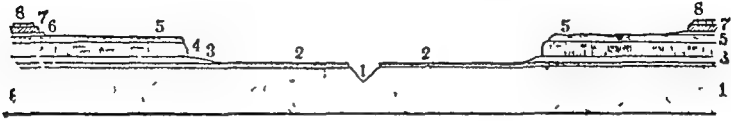


Fig. 132

Cross-section of the Colorado Canyon
(After Gilbert and Bingham)

प्रस्तुत करते हैं और वहाँ पर प्रपाती खड्डों का होना सामान्य घटना है। यह केवल प्रमुख नदियों के ही विषय में नहीं बल्कि उनकी सहायक नदियों के विषय में भी सत्य है।



Fig 133

The Canyon of the Yellowstone below the falls
Yellowstone National Park



Fig. 134
Bad-land topography north of Scott's Bluff, Neb.
(*U. S. Geological Survey*)

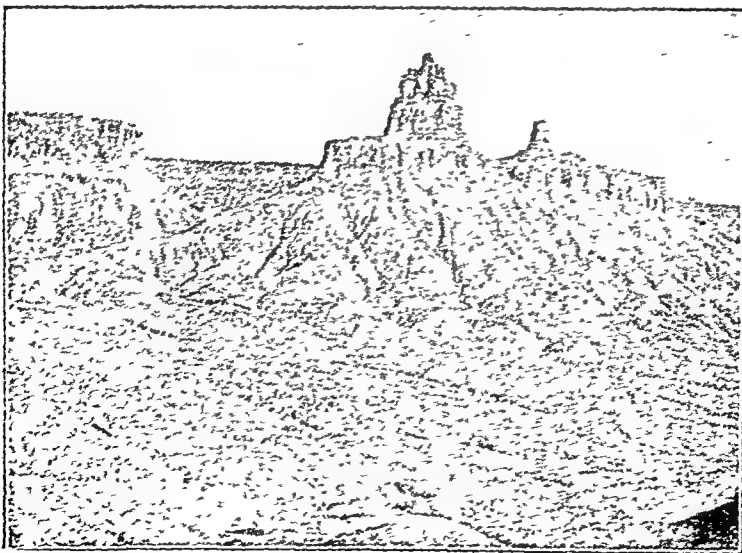


Fig. 135
Bad-land topography southwest foot of Mesa, Verde, Colo.
(*U. S. Geological Survey*)

एक शुष्क प्रदेश में एक प्रबल सरिता का होना सम्भव है जबकि ऊपर के किसी आर्द्र प्रदेश से घाटी को पर्याप्त जल की प्राप्ति होती हो। कोलोरेडो नदी इसका उदाहरण है।

चूँकि अनेक कन्दराएँ आर्द्र प्रदेशों में हैं, अतः यह स्पष्ट है कि प्रपाती खड्डों के विकास के अनुकूल होने वाली सभी परिस्थितियों की उपस्थिति कन्दराओं को विकसित करने के लिए आवश्यक नहीं होती। नियाग्रा नदी में प्रपातों (falls) के नीचे एक कन्दरा अथवा प्रपाती खड्ड है (पृष्ठ १३)। यहाँ पर नीचे की ओर कटाव इतना तीव्र है कि घाटी को चौड़ा करने वाली विधियाँ, प्रदेश के आर्द्र होते हुए भी, उस कटाव का साथ न दे सकी।

पश्चिम (संयुक्त राज्य) के अधिक गहरे प्रपाती खड्डों अपने मार्गों के आर-पार यात्रा करने में प्रायः ऐसी बाधाएँ उपस्थित करते हैं कि उनके पार जाना असम्भव ही हो जाता है और उनकी नदियाँ शायद ही कभी व्यापार अथवा सिंचाई की आवश्यकताओं को पूरा करती हैं। रक्षा के विचार से तो निस्सन्देह ही वहाँ के निवासियों को उन प्रपाती खड्डों की प्रायः अगम्य दीवारों ने अपने गृह बनाने के लिए प्रोत्साहित किया है।

अन्त में प्रपाती खड्ड अन्य प्रकार की घाटियों में अवश्य विकसित होंगे, क्योंकि प्रपाती खड्ड की धारा अन्त में उसे चरम-स्तर तक काट ही डालेगी। तब घाटी का और अधिक गहरा होना बन्द हो जाएगा, किन्तु घाटी को चौड़ा करने की विधियाँ तब भी चलती ही रहेंगी और जब तक कि वह प्रपाती खड्ड का रूप न छोड़ दे तब तक सँकरी घाटी के अधिक चौड़ा होने का क्रम चलता ही रहेगा।

दोषयुक्त (बंजर) भूमि (Bad lands) — तरुण अवस्था के अन्त और प्रौढ़ अवस्था के आरम्भ में कतिपय उच्च प्रदेशों में, जहाँ शिला किञ्चित् रूप में, यद्यपि असमान रूप में, रुकावट डालने वाली होती है तो इस प्रकार की विकसित स्थल की



Fig 136

Diagram to illustrate the initial stage in the development of a natural bridge. Longitudinal section at the left, cross-section at the right

आकृतियों को कभी-कभी बंजर भूमि (bad lands) का नाम दिया जाता है। चित्र १३४ और १३५ से बंजर भूमि की स्थलाकृतियों का कुछ ज्ञान होता है। उत्तरी अमरीका के पश्चिमी भाग में विभिन्न स्थानों पर बंजर भूमि की स्थलाकृतियाँ मिलती हैं। ये स्थलाकृतियाँ विशेषकर नेब्रास्का और डाकोटा के पश्चिमी भागों में और वॉमिंग (Wyoming) के कुछ भागों में मिलती हैं। यहाँ की चट्टानों की रचना मुख्यतः बलुआ पत्थरों (sandstones) की है जिनमें भिन्न-भिन्न मिट्टियों के मुलायम

(unindurated) स्तर हैं। जलवायु के तत्त्व भी वजर भूमि की स्थलाकृति के विकास से सम्बन्धित होते हैं। एक अर्द्ध-शुष्क जलवायु, जहाँ पर अवक्षेपण (precipitation) पर्याप्त सकुचित होता है, इसके विकास के लिए सर्वाधिक अनुकूल प्रतीत होता है।

प्राकृतिक पुल (Natural bridges)—यदि कोई सरिता जुड़ी हुई शिलाओं के ऊपर से बहती हुई प्रपात (fall) बनाती है तो कतिपय स्थानों पर प्राकृतिक

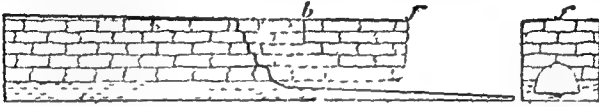


Fig. 137

A stage later than that shown in Fig. 136.

पुलों के विकास के लिए अवसर पैदा हो जाते हैं। यदि किसी झरने के ऊपर सरिता के तल में कोई खुला हुआ जोड़ होता है (जैसे चित्र १३६ के b स्थान पर), तो जल का कुछ भाग उसमें होकर नीचे उतर जाएगा। एक निचले स्तर पर पहुँचकर वह चट्टान के मध्य में कोई मार्ग पाकर अथवा बनाकर, झरने के नीचे सरिता में पहुँच सकता है। यदि थोड़ा-सा भी जल ऐसा मार्ग अपनाता है, तो बहाव इसके जलमार्ग को बढ़ा देगा। इस

प्रकार जिस जोड़ में जल नीचे उतरता है वहाँ में झरने के नीचे की घाटी तक एक मार्ग बन जाएगा (चित्र १३६ b, c, d, e)। कुछ समय के पश्चात् यह मार्ग इतना पर्याप्त बड़ा हो सकता है कि सरिता का सम्स्त जल इसमें होकर बहने लग सकता है। इस अवस्था में सम्पूर्ण प्रपात की पहली अवस्था (f) में बदलकर बड़े जोड़ (b) के अनुसार हो जाएगी। तब प्रपात पीछे हट जाएगा।



Fig. 138

A partially developed natural bridge in Two Medicine River Mont (Whitney)

प्राचीन और नवीन प्रपातों के मध्य भूमि के भीतर का जलमार्ग चट्टान द्वारा (चित्र १३७ bf और f) बँध जाएगा और एक प्राकृतिक पुल बना देगा। इस प्रकार का एक पुल

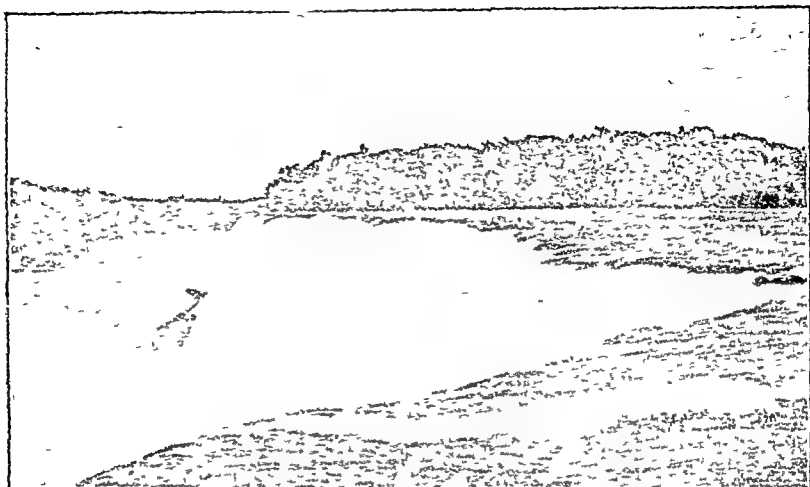


Fig. 141

Niagara Falls (*U. S. Geological Survey*)

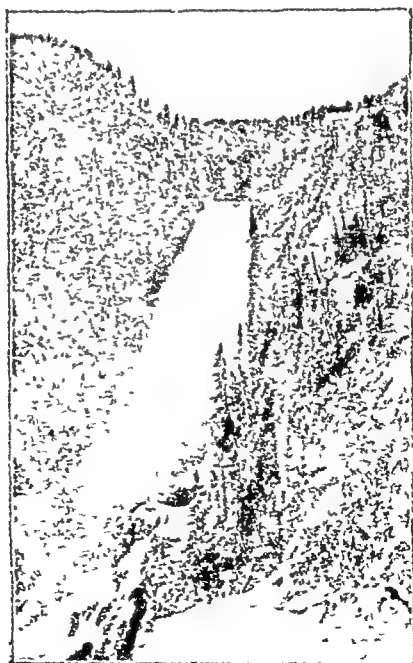


Fig. 142

The lower falls of the Yellowstone.

प्रपात और द्रुतवाह निरन्तर बदलते रहते हैं, यद्यपि साधारणतः यह परिवर्तन बहुत मन्द होता है। नियाग्रा प्रपात नदी के ऊपर की ओर पीछे को हट रहे हैं



Fig. 143

Rustic Falls. A succession of slight falls in the Yellowstone Park. (U. S. Geological Survey)

क्योंकि गिरता हुआ जल जिम चट्टान के ऊपर से बहता है उसकी कठोर परत को निरन्तर घिसता चलता है (चित्र १४४)। जब कोई प्रपात पीछे की ओर को हटता है तो वह सामान्यतया नीचा हो जाता है। ऐसी अवस्थाओं में यह स्पष्ट है कि यदि प्रपात पर्याप्त दूरी तक पीछे हटता है तो वह एक दिन अवश्य ही मिट जाएगा। यदि वह कठोर चट्टान जिसके ऊपर जल गिरता है, चित्र १४५ में दिखायी हुई स्थिति में हो, तो प्रपात पीछे नहीं हटेगा बल्कि नीचा अवश्य हो जाएगा और उस समय मिट जाएगा जब सरिता प्रपात के स्थान को काटकर चरम-मस्तर तक पहुँचा देती है, अतः द्रुतवाह और प्रपात अस्थायी आकृतियाँ हैं। प्रपाती खड्डों (canyons) के समान ही, वे तरुणावस्था के चिह्न हैं, क्योंकि

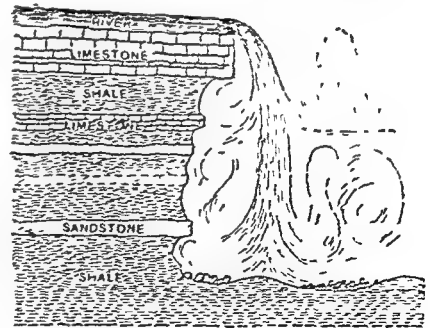


Fig. 144

Diagram illustrating the conditions at Niagara. (Gilbert)

वे प्रकट करते हैं कि सरिता चरम-स्तर से बहुत ऊपर है। कालान्तर में वर्तमान सभी द्रुतवाह और प्रपात मिट जाएँगे, क्योंकि नदियों के चरम-स्तर तक पहुँच जाने के पश्चात्, जो प्रत्येक नदी का लक्ष्य है, वे विद्यमान नहीं रह सकते हैं।

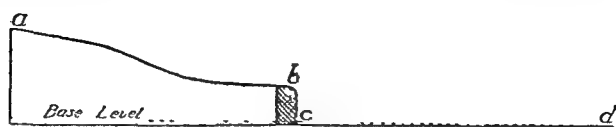


Fig. 145

Diagram illustrating a condition where a fall will not recede.

जल-प्रपात से हम भूतकाल और भविष्यकाल दोनों ही की दशाओं में तर्क कर सकते हैं। यदि वर्तमान प्रपात मिट जाने वाले हैं, तो क्या कोई ऐसा भी समय था जबकि वे विद्यमान न थे ?

मान लीजिए कि प्रबल जल-प्रवाह (vigorous drainage) के मार्ग में पड़ने वाला पदार्थ असमान कठोरता का है, तो सरिता के पर्याप्त ऊपरी भाग में कम रुकावट डालने वाला भाग अधिक रुकावट डालने वाले भाग की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से जल द्वारा काट दिया जाएगा, जिसका परिणाम चित्र १४६ में दिखाये

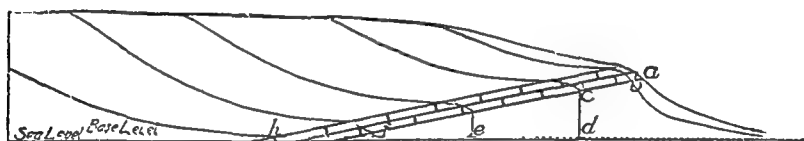


Fig. 146

Diagram illustrating the development of a fall where the hard layer dips up-stream.

गये परिणाम की भाँति होगा। ऐसी परिस्थिति में जल द्वारा निरन्तर कटाव 'a' स्थान के द्रुतवाह (rapid) को और भी अधिक तेज बना देगा, और नीचे गिरते हुए जल के तल को खड़ा ढाल बनाने का क्रम तब तक चलता रहेगा जब तक कि द्रुतवाह जल-प्रपात न बन जाए। इस अवस्था में द्रुतवाह और प्रपात उस कठोरता की असमानताओं पर निर्भर है जो सरिता ने अपनी घाटी की खुदाई में उपस्थित की है। यह सम्भवतः सामान्य से सामान्य विधि है जिसके द्वारा प्रपातों और द्रुतवाहों की उत्पत्ति होती है। इस प्रकार से उत्पन्न प्रपात मन्द गति से विकास पाते हैं। ऐसे प्रपात उत्तरगामी (बाद को चलने वाले) प्रपात (subsequent falls) कहला सकते हैं, क्योंकि वे तल की मूल आकृति पर निर्भर नहीं रहा करते हैं।

अन्य अवस्थाओं में तल के जल का प्रवाह अपने मार्ग से समुद्र की ओर जाता हुआ किसी खड़ी चट्टान (cliff) पर पहुँचकर उससे नीचे गिर सकता है। इस स्थिति में, तल का खड़ा उतार (steep descent) सरिता के आने के पहले से ही विद्यमान

था और सरिता के वहाँ पहुँचते ही प्रपात का आरम्भ हो गया। चूँकि ऐसे प्रपात उस तल की असमानता के कारण उत्पन्न होते हैं जिस पर होकर सरिता ने बहना आरम्भ कर दिया था, अतः उनको अनुगामी (पीछे चलने वाला) प्रपात (consequent falls) कहा जा सकता है। इस प्रकार के प्रपात का एक उत्तम उदाहरण नियाग्रा प्रपात है जो उस समय बना था जबकि ईरी झील (Lake Erie) से निकला हुआ बाहरी प्रवाह ओण्टोरियो झील (Lake Ontario) को जाता हुआ अपने मार्ग में एक खड़ी चट्टान (cliff) पर पहुँचकर उससे नीचे गिरने लगा था। जब से यह झरना आरम्भ हुआ तब से यह लगभग ११ किलोमीटर (७ मील) पीछे हट गया है।

प्रपात और भी अन्य विधियों से बनते हैं। किसी भूमि के खिसकने अथवा लावा के बहाव के कारण एक बाँध बन सकता है जिसके ऊपर से होकर जल नीचे गिरता है अथवा द्रुतवाह के रूप में बहता है। ऐसी परिस्थितियों में, विशेषतः प्रथम स्थिति में, बाँध अस्थायी होते हैं, और इस प्रकार द्रुतवाह और प्रपात बन जाते हैं।

कभी-कभी प्रपातों के तल पर भँवर-छिद्र (pot-holes—जल के गड्ढे—जल-गर्तिका) बन जाते हैं (चित्र १४७)। इसका आरम्भ चट्टान के तल में उपस्थित



Fig. 147

Pot-holes in granite. Upper Tuolumne, Cal.

कुछ असमानताओं के परिणामस्वरूप होता है। गिरते हुए पानी के भँवरो में जो पत्थर घूमते रहते हैं वे घिस जाते हैं जिसके परिणामस्वरूप भँवरो का आकार पर्याप्त बड़ा हो जाता है।

संकीर्ण घाटियाँ (Narrows)—जब कोई सरिता कठोर शिला के स्तर के

मध्य से अपना मार्ग बनाती है, तो वह केवल द्रुतवाह और प्रपात ही नहीं बनाती है वरन् कठोर शिला की घाटी को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करती है। रुकावट डालने वाली कठोर चट्टान, कमजोर चट्टान की अपेक्षा मन्द गति से घिसती है। अतः जहाँ



Fig. 148

Diagram showing a narrow place in a valley where the stream crosses a hard layer of rock.

रुकावट डालने वाली चट्टान होती है वहाँ कमजोर शिला वाले स्थान की अपेक्षा घाटी अधिक सँकरी हो जाती है। किसी घाटी की इस प्रकार की सकुचित रचना को सकीर्ण घाटी अथवा जलदर्द (water-gap) कहते हैं (चित्र १४८)। किटा-

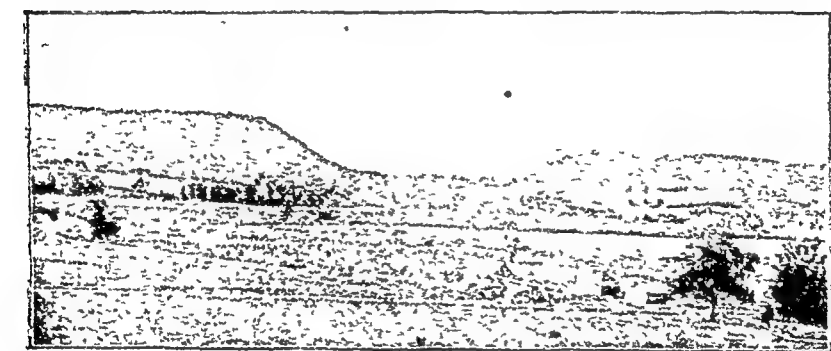


Fig. 149

The Lower Narrows of the Baraboo River, Wisconsin. (Atwood)

भिन्न, सकीर्ण घाटियाँ सरिता की तरुण अवस्था में सबसे अधिक ध्यान को नहीं खींच पाती हैं, वरन् पर्याप्त समय के पश्चात् रुकावट डालने वाली चट्टान से लगी हुई कमजोर चट्टान के प्रदेश में घाटी अत्यधिक चौड़ी हो जाती है। क्षैतिज (horizontal) अथवा लगभग क्षैतिज स्तरों में प्रपात सामान्यतः मिलते हैं, परन्तु सकीर्ण घाटियाँ सामान्यतया स्तरयुक्त चट्टान (stratified rock) में केवल उन्हीं स्थानों पर विकसित होती हैं जहाँ स्तर एक उच्च कोण पर झुकता है।

कुछ सकीर्ण घाटियाँ पर्वतों में होकर द्वार (gateways) का कार्य करती हैं और इसी कारण से वे यात्रा और परिवहन के मार्गों पर नियन्त्रण रखती हैं। मेरीलैण्ड (Maryland) में विल्स पर्वत (Wills Mountain) की विल्स क्रीक (Wills Creek) नाम की सकीर्ण घाटी इसका एक अच्छा उदाहरण है। महत्वपूर्ण

मार्गों की रक्षा के लिए ओहियो कम्पनी (Ohio Company) द्वारा निर्मित फोर्ट कम्बरलैण्ड (Fort Cumberland) से नीमा कोलिन्स मार्ग (Nema Colin's Path), और वाशिंगटन एव ब्रेडोक्स मार्ग (Washington and Braddock's roads) इसमें से होकर पश्चिम को जाते हैं; और कम्बरलैण्ड राष्ट्रीय मार्ग (Cumberland National Road) एव एक और अन्य महत्त्वपूर्ण रेल-मार्ग इस समय इस सकीर्ण घाटी से ही होकर जाते हैं।

चट्टानी सीढ़ियाँ (Rock terraces)—यदि वह कठोर परत, जिसके मध्य से सरिता मार्ग काटती है, क्षैतिज (horizontal) होता है, तो प्रतिरोध (रूकावट) डालने वाली चट्टान, ऊपर और नीचे की कमजोर चट्टान की अपेक्षा मन्द गति से घिसती है। ऐसी दशा में सीढ़ीदार चट्टान उत्पन्न होती है, जैसा कि चित्र १५० में दिखाया गया है।

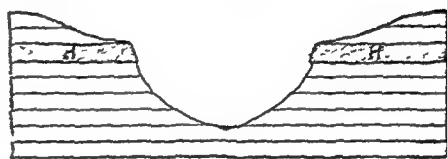


Fig. 150

अवशिष्ट शैल, चट्टानी कटक आदि (Monadnocks, rock ridges etc.)— Rock terraces, due to resistant layers of rock.

रूकावट डालने वाली चट्टान स्थलाकृति (topography) में अपना अस्तित्व रखती है, क्योंकि वर्षा के जल द्वारा धुलाई, पवन और अपक्षयण (weathering) की अधिकांश विधियाँ कमजोर चट्टान की अपेक्षा रूकावट डालने वाली चट्टान को कम प्रभावित करती हैं। परिणाम यह होता है कि जब कठोर चट्टान के चारों ओर की कमजोर चट्टान घिसकर लगभग आधार के तल को प्राप्त करती है तो कठोर चट्टान पहाड़ियों अथवा अवशिष्ट शैल (monadnocks) जैसे पर्वतों के रूप में प्रकट होने लगती है। चित्र १५१ इसका एक उदाहरण है। कोई लम्बी और सँकरी कटक (elongate narrow ridge) किसी प्रतिरोधी चट्टान के मुड़े हुए स्तर से अलग हो जाने के कारण कभी-कभी कोल-पीठ (hogback—सूअर की पीठ) के नाम से पुकारी जाती है (चित्र १५२)। संयुक्त राज्य के पश्चिम में ऐसी ही ऊँचाइयों को प्रायः स्कन्धागिरि (buttes) कहा जाता है (चित्र १५१ और १५४)। कठोर चट्टान का एक स्तर, जैसे लावा का स्तर, यदि ऊपर हो और नीचे कोई कम रूकावट डालने वाली रचना हो, जैसे मृत्तिका अथवा नरम जम्ब्रजिला (clay or soft shale), तो स्कन्धागिरि बनने की सम्भावना अधिक रहती है। यदि इस प्रकार की ऊँचाई की चोटी पर एक पर्याप्त चौड़ा विस्तार होता है तो इसे एक पटलप्रस्थ (mesa) कहते हैं, यद्यपि यह नाम, विशेष ऊँचाई होने पर, चौड़ी सीढ़ियों अथवा वेदिकाओं (terraces) को भी दिया जाता है (चित्र २६)।

कठोर चट्टान के समीप की कम रूकावट डालने वाली चट्टानों के नष्ट हो जाने के बाद, कठोर चट्टान की अलग से स्वतन्त्र रूप में खड़ी हुई ऊँचाइयाँ, कभी-कभी विचित्र आकृतियाँ धारण कर लेती हैं; ऐसा होना जिलाओं (चट्टानों) की

वनावट पर निर्भर है। लम्बी कटके साधारणतः वहाँ पर पायी जाती है जहाँ पर स्तर (strata) मुड़ा हुआ (folded) होता है। जहाँ पर मूल मोड़ो के शीर्ष क्षैतिज

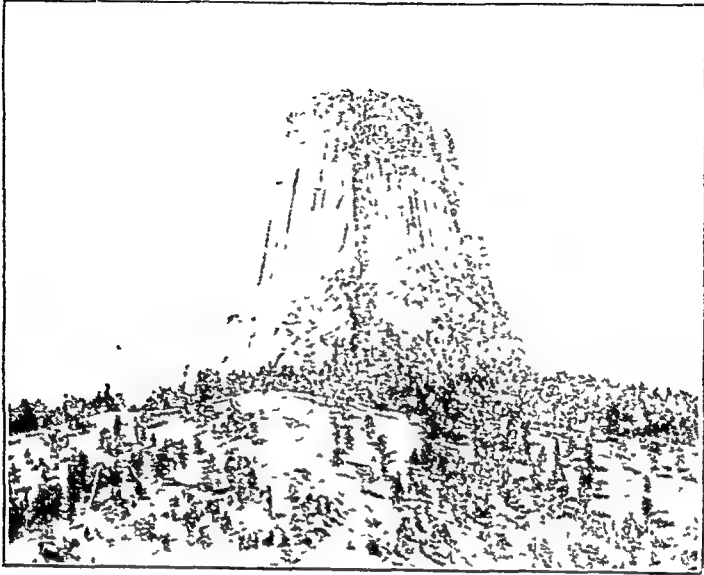


Fig 151

A monadnock; a mass of igneous rock isolated by erosion and remaining because of its superior hardness
Matteo Tepee, Wyo (Detroit Photo. Co)



Fig. 152

Hogbacks, due to the erosion of tilted beds of unequal resistance. The harder layers stand up as ridges and constitute the "hogbacks."
(Powell)

(horizontal) नहीं होते, वहाँ पर अपक्षरण (erosion) के द्वारा उन कटको की विचित्र आकृतियाँ हो जाती हैं जो कठोर चट्टान के बाहर निकलकर अलग एकान्त

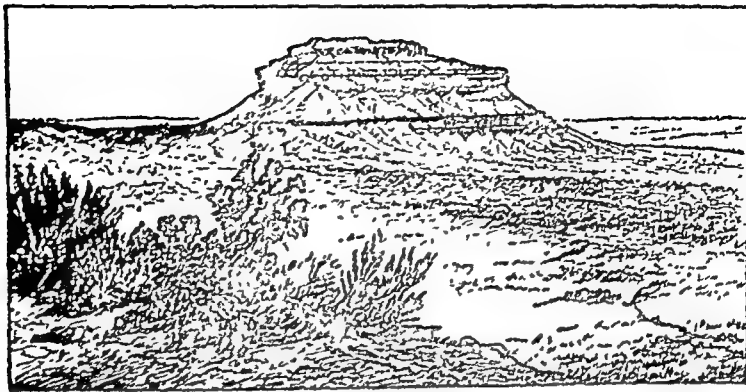


Fig. 153

A butte. A characteristic feature of the arid plateau region of the West. The butte is really a monadnock.
(U. S. Geological Survey)

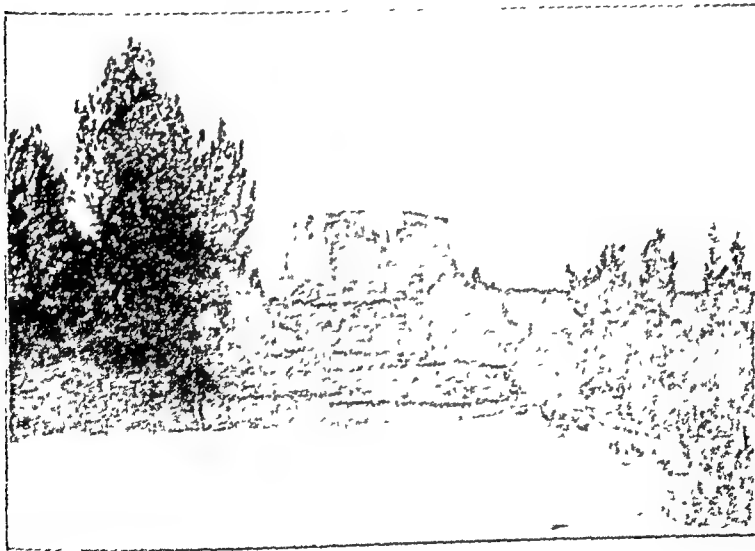


Fig. 154

The Enchanted Mesa. A striking butte in New Mexico. The name mesa is not commonly applied to elevations of such small summit area (R. T. Chamberlin)

में पड़ जाने के फलस्वरूप बन जाती है (जैसा चित्र १५५ में दिखाया गया है) ।
ऐसी आकृतियाँ अपेलेजियन पर्वत में सामान्य रूप से पायी जाती हैं ।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या में अभ्यास ७ देखिए ।

नदियों में होने वाली घटनाएँ (Accidents to Streams)

निमज्जन (Drowning—डूबने की क्रिया)—नदियों में अनेक आकस्मिक घटनाएँ होती रहती हैं। यदि वह स्थल जिसमें होकर नदियाँ बहती हैं, डूबकर उनके ढाल को कम कर देता है, तो वे मन्द गति से बहने लगती हैं अथवा बहना भी बन्द कर देती हैं। यदि किसी घाटी का निचला भाग समुद्र-तल से नीचे डूब जाता है, तो समुद्र का जल भीतर प्रवेश कर आता है और एक सागर-संगम (estuary) को जन्म देता है। ऐसी परिस्थितियों में नदियों का निचला भाग और उनकी घाटी निमज्जित (drowned—डूबी हुई) घाटी कहलाती है। यदि सागर-तट पर आकर नदियाँ

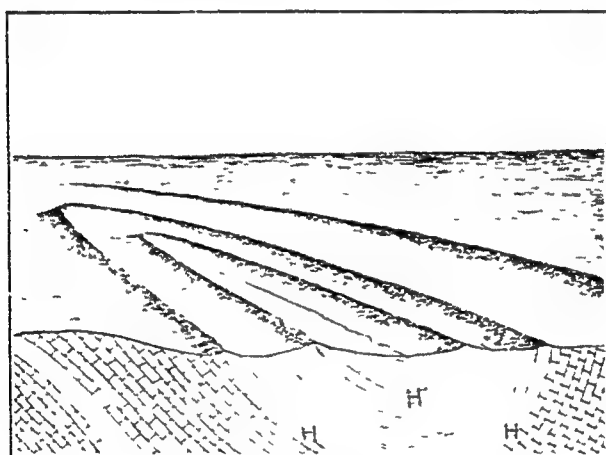


Fig 155

A canoe-shaped valley bordered by a ridge formed by the outcrop of a hard layer. (Willis)

खाडियाँ (bays) बनाती हैं तो निष्कर्ष निकलता है कि तट डूब गया है और यह भी कि नदियों और घाटियों के निचले भाग डूबो दिये गये हैं। न्यूयार्क और करोलीनास (Carolinoids) के मध्य का समुद्र-तट इसका एक उत्तम उदाहरण है (चित्र १५६)। डेलेवेयर की खाड़ी (Delaware Bay) और चैसापीके की खाड़ी (Chesapeake Bay) तथा अनेक अन्य छोटी खाडियाँ डूबी हुई (निमज्जित) नदियों के स्थल की सूचक हैं। यदि इस स्थान पर डूबो देने की क्रिया न होती तो इस प्रदेश का अपवाह (drainage) कुछ इस प्रकार का होता जैसा चित्र १५७ में दिखाया गया है। इन चित्रों की तुलना करने पर यह स्पष्ट हो जाता है कि यह डूबने की क्रिया किसी नदी-तन्त्र (river-system) के अगो को अलग-अलग कर देने का प्रभाव रखती है।

पुनर्जीवन (Rejuvenation—पुन जीवित होने की क्रिया)—यदि किसी पुरानी सरिता की द्रोणी (basin) ऊँची उठा दी जाय जिससे कि सरिता की

प्रवणता (gradient—ढाल) बढ़ जाण तो उसका वेग बढ़ जाएगा और वह पुनः यौवन के लक्षण धारण कर लेगी। ऐसी मरिता के लिए कहा जाता है कि वह

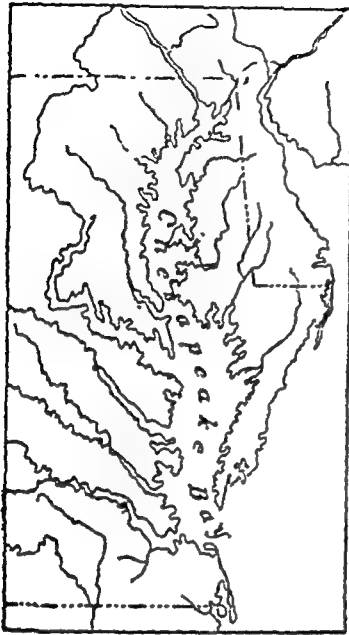


Fig. 156

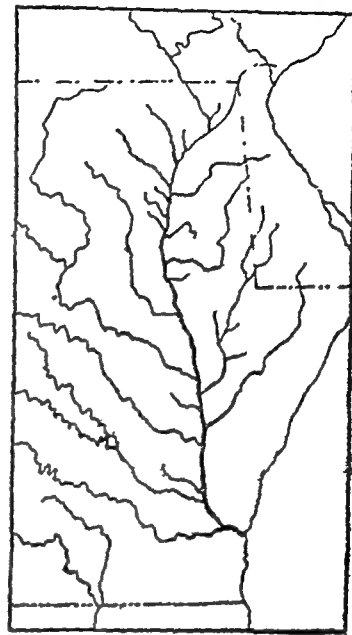


Fig. 157

Fig. 156. Chesapeake Bay and its surroundings. The bay is a drowned river valley, and the lower ends of its tributary valleys also are drowned.

Fig 157. The drainage of the region about Chesapeake Bay as it would have been but for drowning

पुनर्जीवित हो गयी है (चित्र १५८), और यह मरिता पुरानी घाटी की तलैटी में एक नवीन घाटी काट लेती है। यदि पुरानी मरिता अपनी घाटी में सर्प की भाँति टेढ़ी-मेढ़ी चली है, जैसा कि पुरानी नदियों का स्वभाव हो सकता है, तो नये वेग वाली मरिता उन टेढ़े मोड़ों (meanders) को अधिक गहरा काट देती है। इस प्रकार से वे टेढ़े-मेढ़े मोड़ और भी अधिक गम्भीर हो जाते हैं तथा इस प्रकार के मोड़ों में युक्त मरिता पुनर्जीवित हो जाती है। ऐसे मोड़ अनेक मरिताओं में उपस्थित किये हैं (पृष्ठ १४)। यह ध्यान रखना चाहिए कि कुछ मरिताएँ ऐसे मोड़ रखती हैं जो आकार में टेढ़े मोड़ों (meanders) के ही समान होते हैं, किन्तु वास्तव में वे ऐसे नहीं होते हैं। परन्तु कोई मरिता जिसमें मोड़ों का एक लम्बा क्रम, टेढ़े-मेढ़े गम्भीर मोड़ों जैसा ज्ञान हो, तो उस मरिता को पुनर्जीवित मरिता माना जा सकता है। किसी मरिता का पुनर्जीवन एक नवीन अपक्षरण-चक्र (cycle of erosion) का सूचक होता है, चाहे पहला चक्र भले ही पूर्ण न हुआ हो। पुरानी घाटियों की तलैटी में नवीन घाटियाँ और टेढ़े-मेढ़े गम्भीर मोड़ द्वितीय

अपक्षरण-चक्र (second cycle of erosion) के सामान्य लक्षण होते हैं, यद्यपि इन दोनों पर पूर्णतः विश्वास नहीं किया जा सकता है।

तड़ागीकरण (Ponding—तड़ाग बनना)—यदि किसी नदी का एक भाग ऊपर की ओर समावर्तित (warped upward—ठुठ जाएँ) हो जाए तो इठाव के

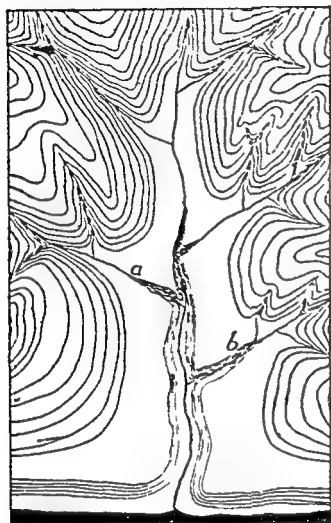


Fig. 158

Diagram to illustrate an ideal case of rejuvenation as the result of uplift. The black area of the bottom represents the sea

लिए बाध्य हो सकता है, और वह एक नवीन मार्ग बना सकता है।

प्रग्रहण (Piracy—चोरी)—एक सरिता दूसरी सरिता को चुरा सकती है। एक ऐसी विधि, जिसके द्वारा ऐसा होता है, चित्र १५९ और १६० के द्वारा दिखायी

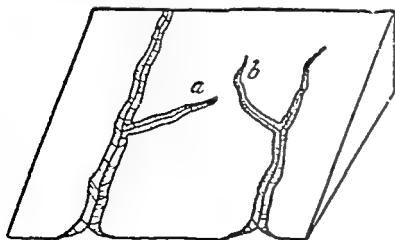


Fig. 159

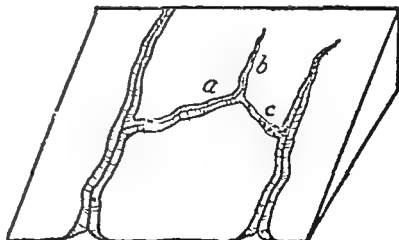


Fig. 160

Fig. 159. Diagram to illustrate a phase of piracy. By the headward growth of *a*, Fig. 159, it reaches *b*, and carries off its upper waters. *a*, Fig. 160 is a pirate, *b*, Fig. 160, has been diverted, and *c* has been beheaded.

गयी है। चित्र १५६ में दिखाया गया है कि 'a' स्थान पर किसी घाटी का जीर्ण पीछे की ओर बढ़ता-बढ़ता किसी अन्य सरिता की जलधारा के 'b' स्थान तक पहुँच सकता है। तब वह 'b' स्थान से (चित्र १६०) होकर आने वाले जल को ग्रहण कर लेता है। (इस प्रकार एक जलधारा दूसरी जलधारा के जल को बरबस अपनी ओर खींचकर चुरा लेती है।) इस भाँति, एक सरिता द्वारा दूसरी सरिता के जल को चुरा लिया जाता सरिता-प्रग्रहण (stream piracy or river capture—जलधारा की चोरी) कहलाता है। जल को अपहरण (चुराने) वाली सरिता को अपहरणकर्ता (pirate) कहते हैं और जिस सरिता का जल अपहरण किया जाता (चुराया) है उसे विध्वस्त (diverted—उलटी हुई) कहा जाता है, और जब किसी सरिता का केवल ऊपरी सिरे का ही जल चुराया जाता है तो उसे सिरे पर चुरायी गयी (beheaded—गिरञ्छेदित) कहा जाता है। जब कोई उलटकर बहने वाली सरिता संकीर्ण दरी (narrows) अथवा जलद्वार (water-gap) से होकर बहती है तो वह मार्ग वायुहीन (wind-gap—वातावकाश) बन जाता है। अनेक पर्वतीय प्रदेशों में ऐसे वातावकाश प्रायः पाये जाते हैं, यद्यपि वे सब इसी प्रकार से ही नहीं बने होते हैं।

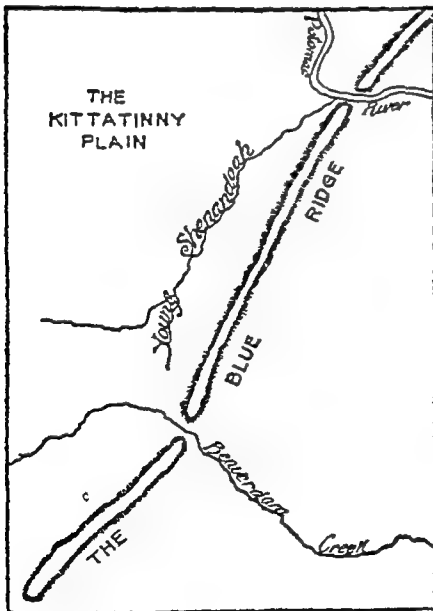


Fig. 161

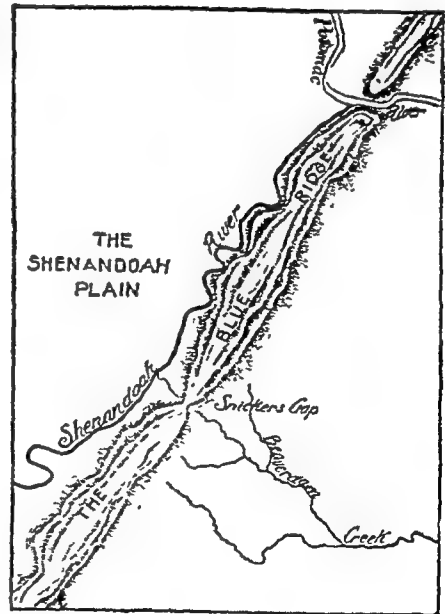


Fig. 162

The capture of head of the Beaverdam Creek by the Shenandoah River.

Virginia-West Virginia. (After Willis)

संयुक्त राज्य में ब्लू रिज (Blue Ridge) नाम के पर्वतों में ये वातावकाश (शुष्क दर्रे), जिन दिनों में प्रवासी लोग नई वस्तियाँ बसाने के लिए पश्चिम की

ओर बढ़ रहे थे, प्रवासियों के लिए पर्याप्त महत्त्वपूर्ण सिद्ध हुए थे। और, संयुक्त राज्य के गृह-युद्ध के दिनों में वरजीनिया (Virginia) की लडाइयों में उनका युद्ध की दृष्टि से बड़ा महत्त्व था। यहाँ तक कि सुदूर दक्षिण में, कम्बरलैण्ड के दर्रे (Cumberland Gap) ने प्रारम्भ के स्वदेश छोड़कर जाने वाले प्रवासियों के लिए पर्वतों को पार कर सकने का सबसे अच्छा और सुगम मार्ग प्रदान किया था, और अठारहवीं शताब्दी के अन्तिम चरण में सम्भवतः ३,००,००० से अधिक व्यक्ति इस दर्रे से होकर केण्टुकी (Kentucky) और टेनेसी (Tennessee) में बसने के लिए गये थे।

जितना सामान्यतः ज्ञात है उससे कहीं अधिक यह चोरी की क्रिया नदियों में प्रचलित रही है। उदाहरण के लिए, अपेलेशियन प्रदेश में, जहाँ परिस्थितियाँ इस चोरी के अनुकूल रही हैं, बहुत कम बड़ी नदियाँ ऐसी हैं जिन्होंने या तो चोरी द्वारा अपने जल की मात्रा को न बढ़ाया हो, या दूसरी नदियों द्वारा उनके अपने जल के चुरा ले जाने से हानि न उठायी हो। चित्र १६१ और १६२ यही उदाहरण प्रस्तुत करते हैं। कठोरता की असमानताएँ चोरी के अनुकूल होती हैं क्योंकि जो नदियाँ कठोर शिलाओं के पार नहीं जा सकती हैं वे अपने जलमार्गों को, उन नदियों की अपेक्षा, जो पार जा सकती हैं, अधिक शीघ्रता से गहरा बनाती हैं।

अनुवर्ती और पूर्ववर्ती धाराएँ (Consequent and Antecedent Streams)

जब सरिताएँ किसी स्थल पर उस स्थल के ढाल के अनुरूप विकसित होती हैं तो उन्हें अनुवर्ती (ढाल के अनुसार चलने वाली) धारा कहा जाता है (चित्र १६३)।

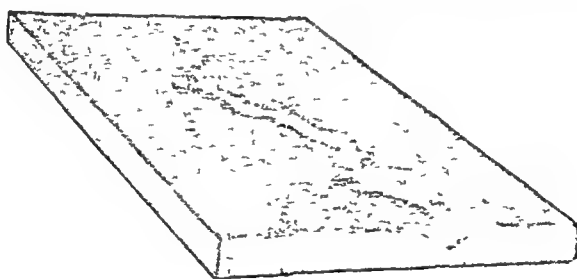


Fig 163

A consequent stream whose course is in harmony with that of the slope of the area it drains

जब नदियाँ अपना मार्ग बना चुकती हैं तो वह स्थल जिनका जल ये नदियाँ निकालती हैं या तो इठ (warped) अथवा विगड़ (deformed) सकता है, किन्तु विगड़ने अथवा विरूपित होने की यह क्रिया इतनी मन्द हो सकती है कि नदियाँ अपने उसी मार्ग पर जिसे उन्होंने विरूपण के आरम्भ होने के पूर्व ही बना लिया था, बहती रह सकती हैं (चित्र १६४)। इस प्रकार तब नदियाँ ऐसे मार्ग से होकर बहती हैं कि उनका यह मार्ग बिना विरूपण (deformation) के सम्भव ही न था। ऐसी

नदियाँ, जिनके मार्ग तल के वर्तमान सामान्य ढाल के पूर्व से ही बने हैं और ढाल से मेल नहीं खाते (अर्थात् वर्तमान मार्ग वर्तमान ढाल से मेल नहीं खाते) है, पूर्ववर्ती (antecedent) नदियाँ कहलाती हैं। प्रारम्भ में वे अनुवर्ती रही होगी, किन्तु विरूपण के परिणामस्वरूप अब वे अनुवर्ती नहीं रही हैं।

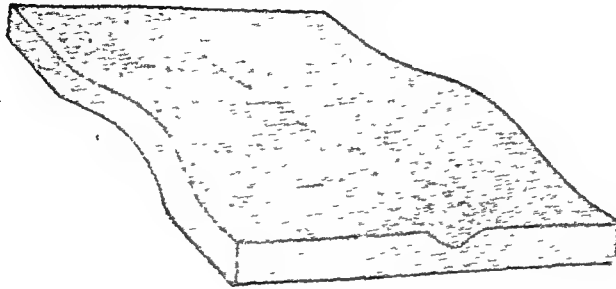


Fig. 164

An antecedent valley The stream and its valley are conceived to have developed as consequent stream and valley. An up-warp athwart the valley followed, but so slowly that the stream cut its bed down as fast as up-warp raised it. The stream held its old course which is not now in harmony with the slope of the area drained.

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या के अभ्यास ८ और ९ को देखिए।

प्रवाहित जल द्वारा निक्षेपण (Deposition by Running Water)

हम देख चुके हैं कि नदियाँ अपने साथ स्थल में समुद्र में कीचड़, बालू, बजरी आदि पदार्थों को ले जाती हैं। ऐसा करने में उनका लक्ष्य यह होता है कि वे स्थल का अपक्षरण (erosion) तब तक करती रहें जब तक कि स्थल और समुद्र का तल एक तल पर न आ जाए। हम यह भी देख चुके हैं कि नदियाँ स्थल से प्राप्त की हुई तलछट को सदैव सीधे समुद्र तक नहीं ले जाती हैं। वे तलछट को प्रायः कुछ समय के लिए स्थल पर ही सम्भवतः तब तक के लिए छोड़ देती हैं जब तक कि उसे उनको पुनः उठाने और ढोने के लिए पर्वतों की उपयुक्त परिस्थितियाँ प्राप्त न हो जाएँ। अब हमें ज्ञात करना है कि—(१) वे कौनसे कारण हैं जिनमें वहता हुआ जल अपने भार का कुछ भाग, कम से कम अस्थायी रूप से, छोड़ने के लिए विवश होता है; (२) वे कौनसे स्थान हैं जहाँ पर ये पदार्थ छोड़े जाते हैं; (३) निक्षेपण (जमाव) द्वारा कौन-कौनसी स्थल की आकृतियों का विकास होता है; (४) निक्षेप करने वाली सरिता पर निक्षेपण का क्या प्रभाव होता है; और (५) सरिता का निक्षेपण मानव के लिए क्या लाभ और हानियाँ उपस्थित करता है?

निक्षेपण (जमाव) के कारण (Causes of deposition)

जब प्रवाहित जल अपना भार (load) अथवा उसका कुछ भार छोड़ता है तो उसका कारण सामान्यतः यह होता है कि धारा के वेग (velocity) में कुछ कमी आ जाती है। हम पहले ही कह चुके हैं कि किसी लघु सरिता के वेग को निर्धारित करने में ढाल (gradient) और आयतन (volume) दो सर्वाधिक महत्वपूर्ण तत्त्व हैं।

(१) वेग की कमी (Loss of velocity)—वेग की कमी का सामान्यतम कारण ढाल अथवा प्रवणता में कमी का आ जाना होता है। प्रवाहित जल निम्न दो प्रकारों से अपने वेग को खो सकता है—(१) अचानक ही; जैसे—जब वह एक खड़े ढाल से एक मन्द ढाल पर आता है अथवा किसी स्थिर जलराशि में जा मिलता है, और (२) धीरे-धीरे, जैसे—किसी ऐसी घाटी में उतरते हुए जिसकी प्रवणता (ढाल) क्रमशः कम होती जाती है। अतः हम प्रवाहित जल के प्रमुख निक्षेपों के लिए उन्हीं स्थानों को देखते हैं जहाँ पर सरिता के वेग में ये परिवर्तन उत्पन्न होते हैं। यदि आयतन (परिमाण) और ढाल स्थिर बने रहे तो सरिताएँ उन स्थानों पर भी मन्दतर हो जाती हैं जहाँ पर उनके जलमार्ग अधिक चौड़े हो जाते हैं।

किसी सरिता के वेग में कमी आने का एक गौण एवं सामान्य कारण उसके आयतन की कमी का होना भी है। नदियाँ साधारणतया अपने निकास स्थानों (उद्गमो) से जितनी ही दूर होती जाती हैं, वे आकार में उतनी ही बढ़ती जाती हैं, किन्तु इस सामान्य नियम के अपवाद भी हैं—(१) जो सरिता किसी अति शुष्क प्रदेश में होकर बहती है, उसकी सहायक नदियाँ और झरने न के तुल्य हो सकते हैं। दूसरी ओर, उसमें वाष्पीकरण भी अधिक होता है और कुछ जल इसके मार्ग की प्यासी मिट्टी और चट्टान वाली भूमि द्वारा भी सोख लिया जाता है। यदि भूमिगत जल का तल उस प्रदेश में सरिता के तल से नीचे होता है तो वाष्पीकरण विशेष रूप से होता है। अतः एक शुष्क प्रदेश में बहने वाली सरिता जैसे-जैसे आगे बढ़ती जाती है वैसे ही वैसे उसका आयतन कम हो सकता है और कभी-कभी तो वह पूर्णरूप से मिट भी सकती है (पृष्ठ ७ और १५)। (२) कोई सरिता विभिन्न धाराओं में बँट सकती है (चित्र १६५), और प्रत्येक उपधारा का आयतन मूल धारा के आयतन से कम हो सकता है। (३) अनेक नदियों का अधिकांश जल, विशेषतः अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में, सिंचाई के उद्देश्य से लिया जाता है और नदियों में जल कम परिमाण में रह जाने से वे छोटी हो जाती हैं। (४) बाढ़ के कम हो जाने पर जल के परिमाण में अस्थायी कमी आ जाती है।

भार (load—बोझ) की वृद्धि बहते हुए जल को धीमी चाल से बहने के लिए बाध्य करती है। किन्तु जो सरिता अपने ही कार्यों से अपने भार को बढ़ा रही होती है वह नदी जमाव करने वाली न होकर अपक्षरणकारी (eroding) होती है। कोई सरिता सूक्ष्म तलछट को उठाकर उसके स्थान में भारी तलछट जमा कर सकती

है, किन्तु इस अवस्था में ग्रहण किये जाने वाले मूक्षम पदार्थ की मात्रा (परिमाण) भारी तलछट के उस परिमाण की अपेक्षा अधिक होती है जो नीचे जमाया गया है। अतः अपक्षरण (erosion) निक्षेपण (deposition) से अधिक बड़ा होता है, और जो सरिता निक्षेपण से अधिक अपक्षरण करती है उसे निक्षेपणकारी सरिता नहीं कह सकते, जैसा कि सामान्यतः इस शब्द का प्रयोग किया जाता है।

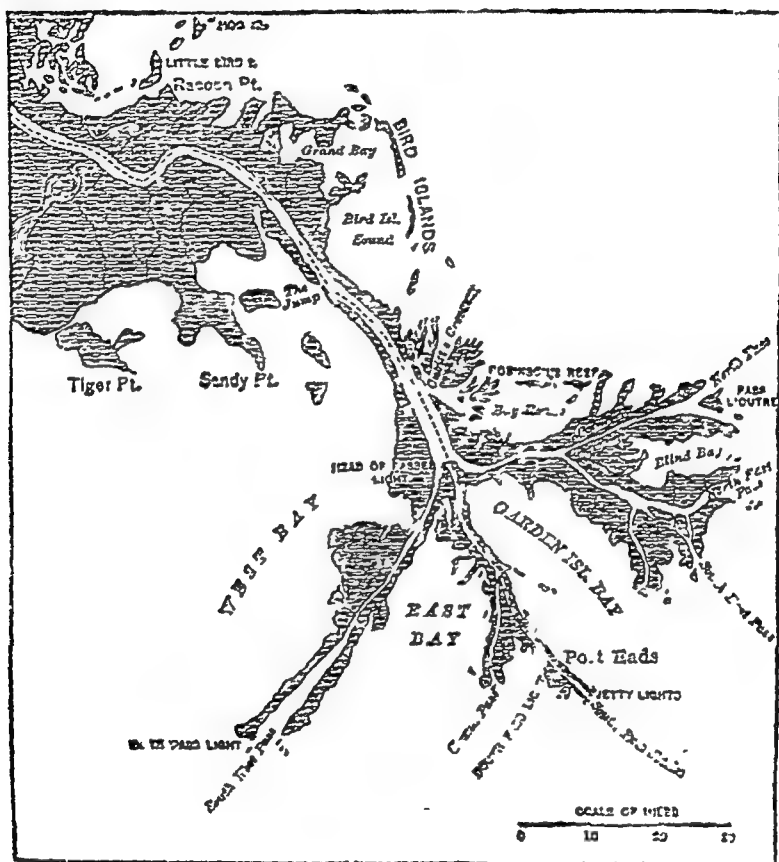


Fig. 165

The lower end of the Mississippi, showing its distributaries. (C. & G. Survey)

(२) सहायक नदियों द्वारा अत्यधिक बोझ (Excess of load from tributaries) — उच्च ढाल (gradients) वाली सहायक नदियाँ अपनी मुख्य नदी में इतना अधिक तलछट ला सकती हैं कि मुख्य नदी उसे ढोने में असमर्थ रहती है। अतः किसी मुख्य नदी के जलमार्ग में निक्षेपण का कारण यह भी कभी-कभी विशेषकर वहाँ होता है जहाँ पर्वतीय धाराएँ जिनकी प्रवणता अत्यधिक होती है, उन पुरानी धाराओं से मिलती हैं जो अपने जलमार्गों के ढाल को पर्याप्त नीचे के स्तर पर ला चुकी होती हैं।

कछारी निक्षेपो की स्थिति और स्थलाकृतिक रूप (Location of Alluvial Deposits and their Topographic Forms)

वहते हुए जल द्वारा निर्मित निक्षेप प्रधानतः उन स्थितियों में पाये जाते हैं जहाँ जल के प्रवाह को बाधा मिलती है अथवा प्रवाह रुक जाता है।

(१) प्रपाती ढालों के आधारों पर (At the bases of steep slopes)—
प्रत्येक वर्षा पहाड़ियों के ढालों पर से मूकम तलछट को बहाकर नीचे लाती है और इस तलछट का अधिक भाग ढालों के आधारों पर रुक जाता है। ऐसी परिस्थितियों में, किन्हीं-किन्हीं अवस्थाओं में, बाड़े (fences) थोड़ा-थोड़ा करके इस प्रकार में जमा की हुई कीचड़ में दब जाते हैं। वर्षा द्वारा उत्पन्न अस्थायी सरिताएँ कभी-कभी प्रपाती ढालों में नीचे बहती हैं और उनके आधारों पर आकर अचानक उनकी गति

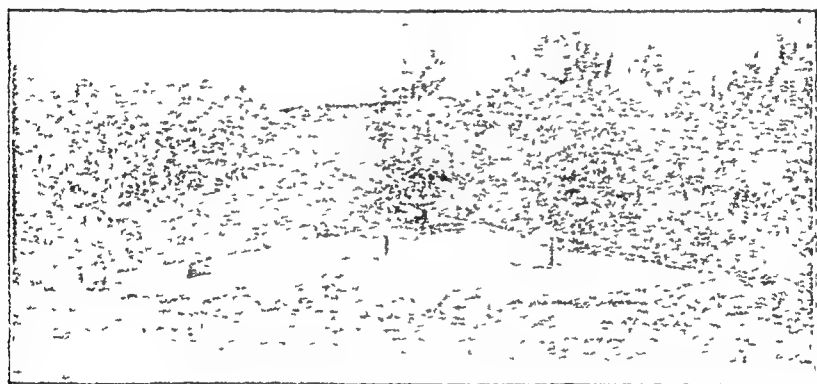


Fig 166

An alluvial cone (U S Geological Survey)

रुक जाती है। ऐसी सरिताएँ अपने मिरो की ओर वाले (headlong—शिरोभिमुख) मार्गों में ढालों के नीचे आते समय बहुत-सा मलवा एकत्रित करती हैं और उसको वे वही पर छोड़ देती हैं जहाँ उनका वेग अचानक ही रुक जाता है। इस प्रकार पहाड़ी के पार्श्वों पर नई बनी हुई प्रत्येक जलदरी (gully) के निचले हिस्से पर मलवे का एक ऐसा ढेर जमा हो जाता है जो स्वयं जलदरी के भीतर से धुनकर आया था (चित्र ६३ और १६६)। ऐसी स्थितियों में पदार्थ एक अपूर्ण शंकु (partial cone) के रूप में एकत्रित होता है। ऐसे शंकु को जलोढ़ अथवा कछारी शंकु (alluvial cone) कहते हैं। जलोढ़ और भग्नाश्रम-राशि शंकु (talus) शंकुओं में अनेक समानताएँ पायी जाती हैं, किन्तु जलोढ़ शंकु में गुरुत्व-शक्ति पदार्थ को जल की सहायता से नीचे लाती है, जबकि द्वितीय प्रकार में गुरुत्व-शक्ति पदार्थ को बिना जल की सहायता के अथवा उसकी केवल किंचित सहायता मात्र से ही नीचे ले आती है। दोनों प्रकार के शंकुओं के मध्य अनेक प्रकार मिलते हैं।

अन्य स्थानों की अपेक्षा अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में यदि प्रपाती ढाल वर्तमान होते हैं तो उल्लेखनीय जलोढ़ शंकु प्रायः अधिक मिलते हैं, क्योंकि ऐसे प्रदेशों में वर्षा अनिश्चित होती है और कभी-कभी होने वाली भारी वर्षा जिसके कारण अस्थायी और गन्तिशाली धाराओं की उत्पत्ति होती है, बड़े आकार के शंकुओं के विकास के लिए अनुकूल होती है। ऐसे अनेक प्रदेशों में द्वितीय प्रकार के बहुत बड़े शंकु विकसित हो जाते हैं। संयुक्त राज्य की बड़ी द्रोणी (Great Basin) में पर्वत-श्रेणियों के आधारों पर स्थित कुछ दोनों ही प्रकारों के शंकु पर्वतों से ६०० अथवा ६०० मीटर (२,००० अथवा २,००० फुट) ऊँचे बताये जाते हैं।

जलोढ़ अथवा कछारी पंख (Alluvial fan)—यह जलोढ़ शंकु के समान ही होता है; अन्तर केवल यह है कि पंख के ढाल का कोण नीचा होता है। वास्तव में ढालों के आधारों पर एकत्रित अधिकांश जलोढ़ राशि के लिए शंकु की अपेक्षा पंख शब्द अधिक उपयुक्त है। पंख का कम प्रपाती ढाल इन कारणों से हो सकता है कि जहाँ वह विकसित होता है वहाँ पर ढाल का परिवर्तन कम आकस्मिक हो, उसके निक्षेपण से सम्बन्धित जल का परिमाण अपेक्षाकृत अधिक हो और मलवे का परिमाण अपेक्षाकृत कम हो अथवा वह अधिक सूक्ष्म हो। ढाल में कम परिवर्तन, अधिक जल और कम तथा सूक्ष्मतर पदार्थ, ये सभी बातें शंकुओं की अपेक्षा पंखों के विकास के लिए अधिक अनुकूल होती हैं। प्रायः सभी तरुण सरिताएँ जो पर्वतों से नीचे आती हैं, जिस स्थान पर पर्वत को छोड़ती हैं वहाँ पर पंख बनाती हैं। जैसे—सीरियाज (Sierras) पर्वत से कैलीफोर्निया की बड़ी घाटी में उतरने वाली नदियाँ पर्वतों के आधार पर बड़े-बड़े पंख बनाती हैं। इसी प्रकार राकी पर्वतों से उनके पूरव की ओर के मैदानों में उतरने वाली नदियाँ अधिकांशतः यही काम करती हैं। पर्वतों से नीचे आने वाली अनेक नदियों के पंख कई किलोमीटर के विस्तार के होते हैं। उदाहरण के लिए, कैलीफोर्निया में मरमीड (Merced) नदी का पंख लगभग ६४ किलोमीटर (४० मील) के अर्द्धव्यास का है।

पड़ोसी सरिताओं द्वारा बनाये गये पंख पार्श्वतः (laterally) यहाँ तक बढ़ सकते हैं कि अन्त में वे एक दूसरे में विलीन हो सकते हैं। ऐसे कई पंखों का संयोग एक संयुक्त जलोढ़ पंख (compound alluvial fan) अथवा एक पर्वत प्रान्तीय जलोढ़ मैदान (piedmont alluvial plain) (पृष्ठ १५) बना देता है। इस प्रकार के मैदान अधिकांश उल्लेखनीय पर्वत-श्रेणियों के आधारों पर पाये जाते हैं। ऐसी ही अनेक परिस्थितियों में जलोढ़ पदार्थ (alluvial material) की गहराई बीसियों अथवा नौकड़ों मीटर तक भी होनी है।

जलोढ़ शंकु और पंख अपने बनाने वाले जल के मार्ग को भी प्रभावित करते हैं। शंकुओं और पंखों का गिरथिल मलवा बहुत अधिक जल सोखता है और पर्याप्त बड़ी सरिता का जल भी उसके पंख में डूब सकता है (पृष्ठ १५)। जल के दिखाई न देने के पहले सरिता अनेक छोटी धाराओं में विभक्त हो सकती है। ऐसा होने का कारण यह है कि नदी द्वारा अपने जलमार्ग में जमाया गया तलछट जलमार्ग को

इतना छोटा बना देता है कि वह समस्त जल को ग्रहण करने में असमर्थ हो जाता है। अतएव कुछ जल ऊपर होकर (जलमार्ग से बाहर) वह जाता है और अपने लिए एक नया जलमार्ग बना लेता है। वह निक्षेप जो जलमार्ग को रोक लेता है, निम्न वातों का परिणाम हो सकता है—(१) जल का कम हो जाना, अतः क्रिया का कम हो जाना, अथवा (२) सोख लिये जाने के कारण जल की मात्रा का कम हो जाना। इस प्रकार बनी हुई वितरण करने वाली धाराएँ (distributaries) छोटी होने के कारण, जिस सरिता से उत्पन्न हुई हैं, उसकी अपेक्षा धीमी गति वाली होगी, और इसी कारण उनके रुक जाने की आशंका अधिक होती है। अतः वे अन्य छोटी वितरण करने वाली धाराओं को उत्पन्न करती हैं। इस प्रकार से प्रमुख नदी का जल सम्भवतः अपने पक्ष के ऊपर फैल सकता है और सरिता अदृश्य हो सकती है।

पूर्ण विकसित पक्षों और शकुओं के अतिरिक्त जो ढाल प्रपाती (sleep) नहीं है उनके आधारों पर बहुत-सा तलछट रहता है। ऐसी अवस्थाओं में जलोढ़क (alluvium) की कोई स्पष्ट स्थलाकृति नहीं होती है। ढालों के आधारों (bases) पर इस प्रकार का मलवा प्रायः उतना ही विस्तृत होता है जितने कि ढालों के आधार होते हैं।

अनेक जलोढ़ पक्ष और पर्वत प्रान्तीय जलोढ़ मैदान कृषि के लिए पर्याप्त उपयोगी होते हैं। उदाहरण के लिए, कैलीफोर्निया के कुछ भागों में कछारी भूमि इतनी मूल्यवान है कि अधिकांश जोत (holdings) छोटी और अत्यन्त विकसित हैं। अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में भी इनमें से कुछ विस्तृत रूप से खेती के काम आते हैं। इनको सिचाई के लिए जल निम्न प्रकारों से मिलता है—(१) कुओं द्वारा, जिनके द्वारा पक्ष के मलवे को सोखे हुए जल को दे देने के लिए वाध्य किया जाता है, अथवा (२) सिचाई की खाइयों (irrigation ditches) द्वारा, जो नदी से मिला दी जाती है और नदी के स्वाभाविक जलमार्ग से जल को बाहर पंख अथवा मैदान के ऊपर से नीचे की घाटी में ले आती है।

व्युत्पन्न जलोढ़क (Ill-defined alluvium)—साधारणतया जलोढ़ निक्षेप विस्तृत रूप से पाये जाते हैं। स्थल के तल का एक विशाल भाग न्यून जलोढ़ पदार्थ से ढका हुआ है जबकि सापेक्षतया स्थल का कम भाग पर्याप्त मात्रा के जलोढ़ पदार्थ से ढका हुआ है। कछारी पदार्थ की सामान्य सहज प्रवृत्ति ढालों को समतल बनाने की होती है। इसलिए जलोढ़ पक्ष और शकु अपने ऊपर के प्रपाती ढाल और अपने नीचे के मन्द ढाल को समान रूप (harmony) देने का प्रयास करते हैं।

(२) घाटियों के नितल में (In valley bottoms)—जो नदी अपने जलमार्ग में निक्षेप (deposits) बनाती है, वह जलमार्ग के आकार को कम कर देती है। कालोपरान्त वह मार्ग समस्त जल को धारण करने के लिए अत्यधिक छोटा हो सकता है। तब कुछ जल अलग हो जाता है और समपृष्ठ घाटी (valley flat) में एक नया मार्ग बना लेता है। यह विधि बारम्बार दुहरायी जा सकती है (चित्र १६७ और १६८)। पलट जाने वाली धारा (diverging stream—अपसारी धारा) प्रमुख

धारा में वापस लौट भी सकती हैं, और नहीं भी। किसी नदी के कई भागों में छिन्न-भिन्न होने की क्रिया, विज्ञेयतः। जब जल कम होता है, इस सीमा तक बढ़



Fig 167

A branching stream. Junction of the Cooper and Yukon rivers, Alaska shows also bars etc.
(U. S. Geological Survey)

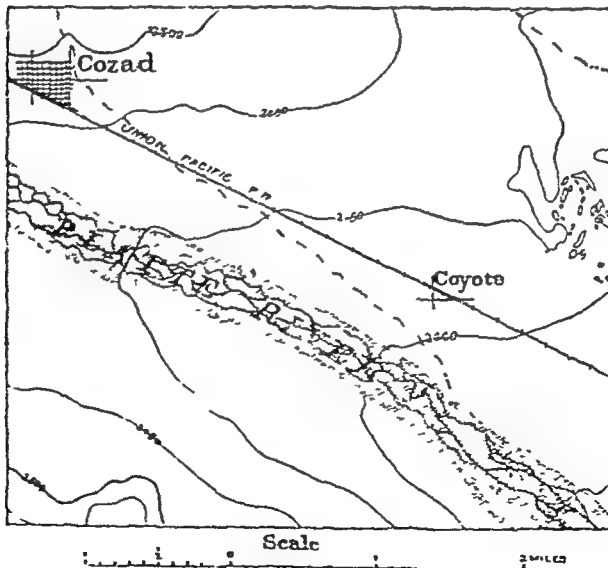


Fig. 168

A braided river, Dawson Co., Neb.
(U. S. Geological Survey)

सकती है कि प्रमुख जलमार्ग कहलाने योग्य कुछ जेप बचे ही नहीं, तो सरिता लघु सरिताओं का एक जाल-सा बन जाती है अथवा एक गुथी हुई सरिता (braided

stream) बन जाती है। Nebraska (U. S. A.) में प्लेट नदी इसका एक अच्छा उदाहरण है (चित्र १६८)। यह अवस्था जल के कम रह जाने पर ही उपस्थित होती है। अधिक जल होने पर सम्पूर्ण समतल घाटी (flat), जिसमें चित्र १६८ के अनुसार लघु सरिताएँ बहती हैं, जल से ढक जाती है और एक ही नदी की तलैटी बन जाती है (पट्ट १६)।

कोई-कोई सरिताएँ, चाहे वे आपस में गुथे भी नहीं, अपने जलमार्ग में बालू की भित्तियों को जमा कर देती हैं (चित्र १६७), ऐसा विशेषकर तब होता है जब जल की मात्रा कम होती है। ऐसी भित्तियाँ नाव चलाने के कार्य में बाधक होती हैं और अनेक नाव चलाने योग्य सरिताओं के निचले भागों में नदी-यातायात के लिए सड़क उत्पन्न करने का स्थायी साधन बन जाती हैं। कम गहराई के जल में जमा की हुई भित्तियाँ (bars) किन्हीं अवस्थाओं में बाढ़ के दिनों में बह जाती हैं क्योंकि उस समय सरिता का वेग बढ़ जाता है। कुछ भित्तियाँ न्यूनाधिक रूप में स्थायी द्वीप बन जाती हैं। यदि वे जगलो से ढक जाती हैं तो वे बाढ़ की तीव्र धारा से भी अपक्षरित (eroded) नहीं हो पाती क्योंकि वृक्षों की जड़े बचाव का प्रबल प्रभाव रखती हैं।



Fig 169
Profile of a normal valley.

अधिकांश घाटियों की पार्श्विका (profiles) वक्र (curves) होती हैं। जैसे ही जैसे सरिता का निचला सिरा पास आता जाता है वैसे ही वैसे ढाल कम प्रपाती होता जाता है (चित्र १६९)। अतः ऐसा होता है कि जब सरिता अपनी घाटी में नीचे उतरती है तो उसके किसी ऐसे बिन्दु पर पहुँचने की सम्भावना

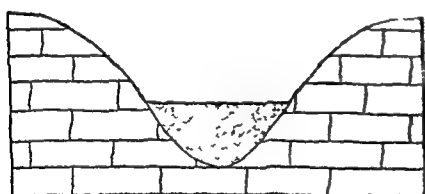
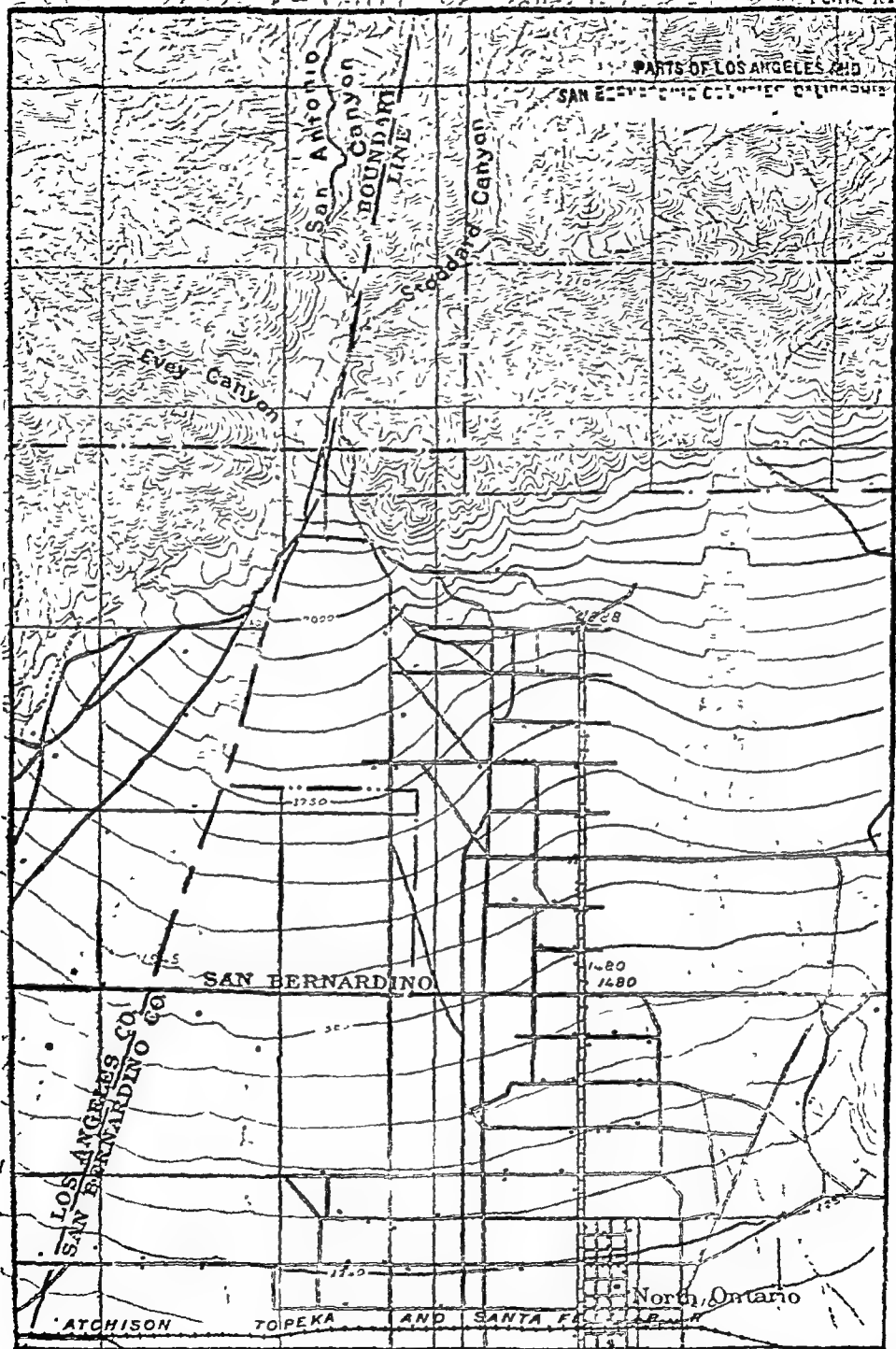


Fig 170
Flat developed by aggradation—
diagrammatic.

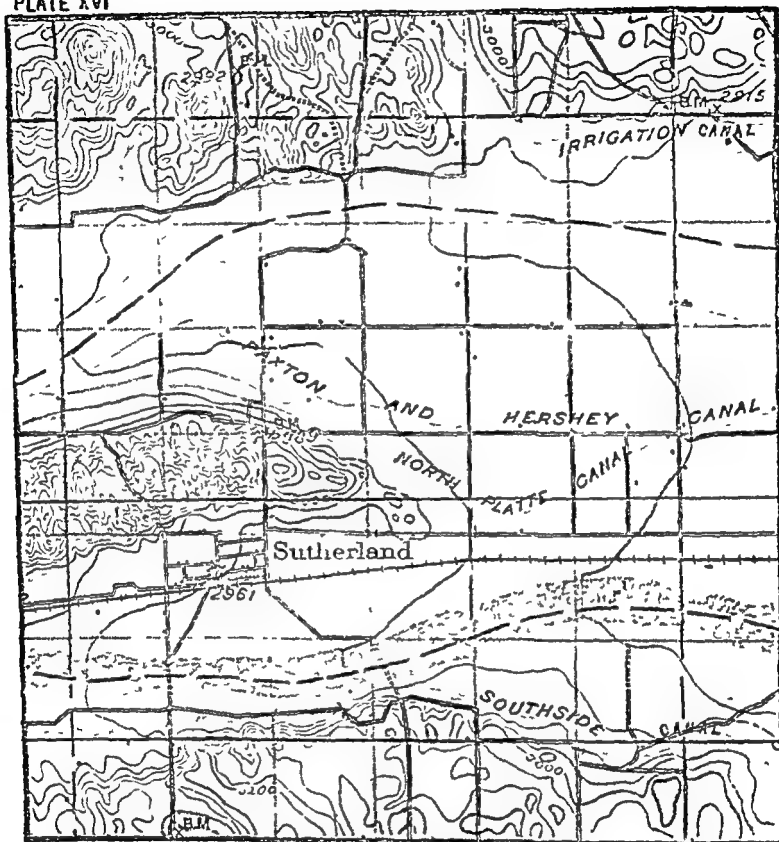
रहती है जहाँ उसकी घटी हुई प्रवणता (reduced gradient) उसके वेग को इतना कम कर देती है कि उसे अपने कुछ बोझ को त्याग देना ही पड़ता है। इस प्रकार से घाटियों की तलैटियों में बहुत दूरी तक तलछट फैल जाता है। यह तलछट सरिता के जलमार्गों में छोड़ दिया जाता है और उनके बाढ़ के मैदानों पर फैलकर उनको ऊँचा उठाकर उन्हें

देता है। किसी ऐसी घाटी में, जिसमें समतल मैदान (flat) नहीं होते, यह निक्षेपण समतल मैदान विकसित करता है (चित्र १७०)।



A piedmont alluvial plain or compound alluvial fan in Southern California.
 Scale 1—mile per inch. Contour interval 50 feet. (Cucamonga Sheet, U. S.
 Geol. Surv.)

PLATE XVI



The alluvial plain of the Platte rivers in Nebraska. The South Platte is braided and the North Platte shows bars. The map also shows irrigating canals leading out from the river. Scale 2— miles Per inch. Contour interval 20 feet (Paxton Sheet, U S. Geol. Surv.)

निक्षेपण का समतल घाटियों की स्थलाकृति पर न के तुल्य प्रभाव पड़ता है, फिर भी, कतिपय गौण आकृतियाँ उल्लेखनीय हैं। इनमें से प्राकृतिक बाँध (natural levees) प्रमुख हैं। इस शब्द का प्रयोग जलमार्ग के किनारों पर स्थित नदियों के समतल मैदानों पर मिलने वाले कम ऊँचाई के कटक के लिए होता है (चित्र १७१) ऐसे कटक बाढ़ के समय में बनते हैं। ऐसे अवसरों पर मुख्य जलमार्गों में धारा तीव्र होती है, किन्तु जैसे ही पानी जलमार्ग से बाहर निकलकर समीप के समतल पर फैल जाता है, वैसे ही तुरन्त ही उसका वेग रुक जाता है, क्योंकि उसकी गहराई अचानक ही कम हो जाती है। अतएव जल को अपने बोज़ के अधिक भाग को वही और उसी समय छोड़ने के लिए बाध्य होना पड़ता है। इस अवस्था में बारम्बार किया हुआ निक्षेपण प्राकृतिक बाँधों (levees) को उत्पन्न करता है। कुछ प्राकृतिक बाँध पर्याप्त ऊँचे और क्रमबद्ध होने के कारण सहायक नदियों के मार्ग को बदल देने में समर्थ



Fig. 171

Levees of the Mississippi in cross-section, 6 kilometre north of Donaldsonville, La. Vertical scale $\times 50$. The horizontal line represents sea-level. The bottom of the channel here is far below sea-level.

होते हैं। इसका उत्तम उदाहरण मिसिसिपी नदी की सहायक नदी याज़ू (Yazoo) से मिलता है जो मिसिसिपी के समतल मैदान में लगभग ३२० किलोमीटर (२०० मील) बहने के बाद उससे मिल जाती है। विक्सबर्ग (Vicksburg) के समीप मिसिसिपी अपनी घाटी के पूरव की ओर मुड़ जाती है और इस प्रकार अपनी उस सहायक से मिलती है जिसे बाँधों ने अलग कर रखा है। लुमिआना (Louisiana) और मिसिसिपी की प्राग्मिक वस्ती मिसिसिपी, उसकी सहायक और वितरक सरिताओं के बाँधों के साथ-साथ सर्किल, पेटियो (belts) में अधिकांश वितरित थी। यही पट्टे पहले से ही निमित्त गजपथ के समीप उच्चतम, गुप्ततम और उर्वर भूमि थी।

बाढ़ के मैदान का विसर्पण (Flood plain meanders—बाढ़ के मैदानों में नदियों का सर्प की भाँति टेढ़ा-मेढ़ा चलना)—जिम मग्नि का मैदान कछारी (alluvial) होता है उसमें विसर्पण की सम्भावना पर्याप्त होती है (पृष्ठ ६, १० और ११)। यह क्रिया जल के कम वेग के कारण उत्पन्न होती है। कम वेग के कारण मग्नि मगलना से ही डूब-डूब को मुड़ जाती है। यदि ऐसी मग्नि का मार्ग सीधा कर भी दिया जाए तो जीव ही वह पुनः टेढ़ा-मेढ़ा हो जाएगा। चित्र १७२ और १७३ द्वारा परिवर्तन का दृग बनाया गया है। नदी के किनारे, यदि कुछ स्थानों पर अन्य किनारों की अपेक्षा कम रुकावट डालने वाले (resistant—प्रतिरोधी) होते हैं, जैसा कि मढ़ा हुआ ही करता है, तो मग्नि पहले उन्हीं स्थानों को काटती है। यदि जलमार्ग की समाकृति (configuration) ऐसी ही है कि किसी दिग्ग हुए बिन्दु 'b' (चित्र १७२) के विरुद्ध धारा को संचालित कर दे तो पदार्थ की असमानता के न

होने पर भी परिणाम वही होगा । जब एक वार किनारे में वक्रता आरम्भ हो जाती है तो वह उस धारा द्वारा बढ़ा दी जाती है जो उसमें संचालित होने लग जाती है । इसके अतिरिक्त जब धारा वक्र से बाहर आती है तो वह विपरीत किनारे के विरुद्ध टकराती है और उस स्थान पर भी एक वक्र विकसित कर देती है । इस वक्र से निकलता हुआ जल दूसरे वक्र को विकसित करता है, और इस प्रकार में यह क्रम चलता ही रहता है ।

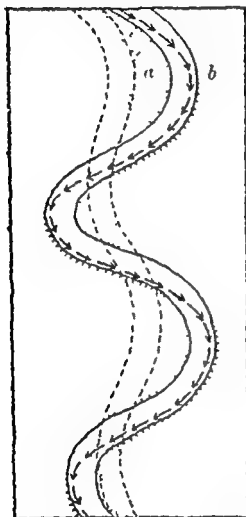


Fig. 172

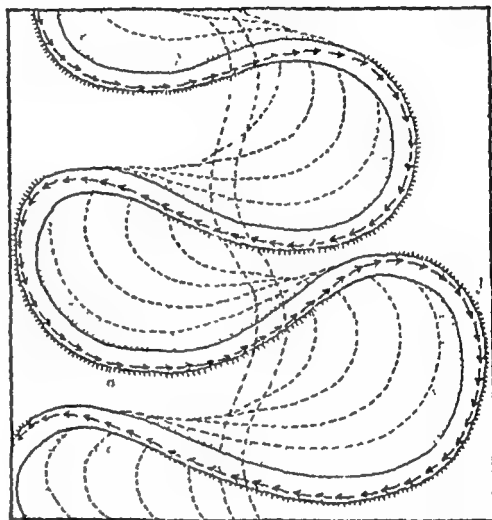


Fig 173

Fig. 172 Diagram illustrating an early stage in the development of river meanders. The dotted area represents the area over which the stream has worked.

Fig. 173 A later stage in the development of meanders.

एक वार आरम्भ हो जाने पर वक्र अथवा विसर्पण अधिकाधिक स्पष्ट होते रहते हैं (चित्र १७३) । पट्ट ६ के चित्र १ द्वारा बतायी गयी अवस्था में वक्रों के मध्य स्थल की सकीर्ण गरदन लगभग सम्पूर्ण कट गयी है । इस कटाव के पूर्ण हो जाने पर सरिता अपने चौड़े वक्र को त्याग देगी । इस विधि की बाद वाली अवस्था को पट्ट ६ के चित्र २ में प्रदर्शित किया गया है ।

जब कोई सरिता अपने विसर्पण (मोड़) को काट देती है तो जलमार्ग का छोड़ा हुआ भाग तलछट से खाली रह सकता है । यदि उसका जल स्थिर हो जाए तो वह एक झील बन जाता है (चित्र १७४) । कुछ इस प्रकार की झीले ऑक्स-बो (ox-bow) के आकार की होती है और उन्हें धनुषाकार झीले (ox-bow lakes) कहते हैं (पट्ट ६ और १०) । उनको कुण्डल का सार (bayous) भी कहते हैं ।

निक्षेपण और विसर्पण के परिणामस्वरूप सरिताओं ने अपने मार्गों के परिवर्तन द्वारा मानवीय हितों को अनेक प्रकार से प्रभावित किया है । किसी सरिता के तटों पर

वगे हुए कुछ गांव जो वहाँ नदी यातायात (river traffic) की अनुकूल परिस्थिति के कारण बने थे, सरिता के मार्ग-परिवर्तनों के कारण त्याज्य हो गये हैं। ऐसे अधिकांश ग्राम नदी की सुरक्षकता समाप्त हो जाने पर नष्ट हो जाते हैं, कुछ पूर्णतः नष्ट हो गये हैं और कुछ को अधिक व्यय करके सुरक्षित रखा गया है। १८१६ ई० तक इल्लिनायस (Illinois) की राजधानी कस्कस्किया (Kaskaskia) मिमीसिपी नदी के बाढ़ के मैदान में स्थित थी। १८८१ ई० में नदी के एक जलमार्ग के परिवर्तन ने गांव के विनाशनाश भाग को एक द्वीप के रूप में बदल दिया था, जिसका (द्वीप) अन्तिम चिह्न भी १८६६ ई० में बह गया। कुछ नदियों को उनके जलमार्गों में ही बहते रहने के लिए पर्याप्त धन व्यय किया जाता है। इसके अनिश्चित परिणामों कुछ अवस्थाओं में जिनो और राज्यों के बीच की सीमाओं को निर्धारित करती हैं। ऐसी अवस्था में सरिता का स्थान-परिवर्तन भूमिगण्ट को एक दूसरे को हस्तान्तरित कर सकता है। कभी-कभी इसको रोकने के लिए जटिल कानूनी विधियाँ, और सीमाओं की जटिल परिभाषा बनाती पड़ती है। परिस्थिति बड़ा पर और भी अधिक सम्भार हो जाती है जहाँ कोई सरिता अन्तर्गच्छीन सीमा बनाती है। स्थानान्तरण करने वाली सरिता बड़ी पर सन्तोषजनक सीमा नहीं बना पाती है।

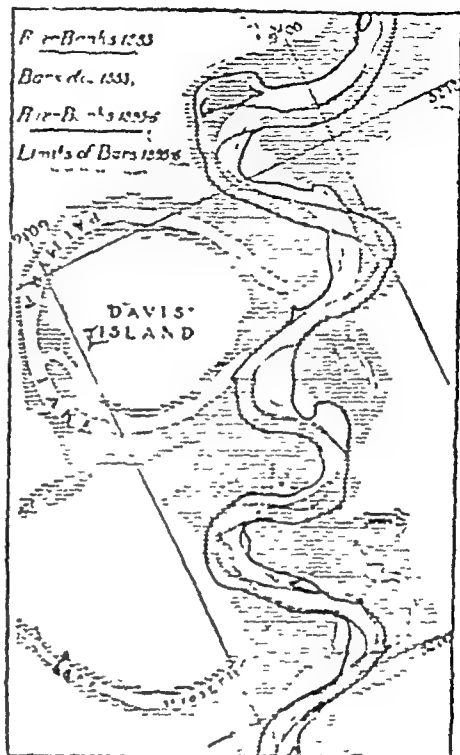


Fig 174

Meanders and cut-offs in the Mississippi Valley below Vicksburg. The figure shows the migration of the meanders down stream and their tendency to increase in size.

फसारी मैदानों की उर्वरता (Fertility of alluvial plains) — अनेक उद्योगी मैदान अत्यन्त उपजाऊ होते हैं और कृषि के उद्देश्य में अत्यन्त मुख्यवान् होते हैं। यह क्षेत्र प्राचीनकाल में भी इतना ही सम्यक् या जितना ही आज है। नील (Nile) की (Po) और दक्षिणी अफ्रीका की अनेक नदी-वाटियाँ प्राचीन सभ्यता के उद्गम-स्थान (garden-spots) थे। मरीन मिट्टी (silt) और चॉप के विशेष फले मैदानों की मिट्टी को निरन्तर नई और उपजाऊ बनाने रहते हैं। पारम्परिक सभ्यताएँ प्राचीन मैदानों के साथ संबंध में एक प्रकार की सीमाएँ थीं जो कि ८०० ईसा-पूर्व या सात ईसा-पूर्व में उदित रूप में ही नदी-गत (fluvial period) रहा गया है। **प्रत्येक**



Fig. 175 A cement-lined canal prepared for irrigation Truckee-Carson project, Nev The cement-lining prevents free seepage.
(U S Geological Survey)

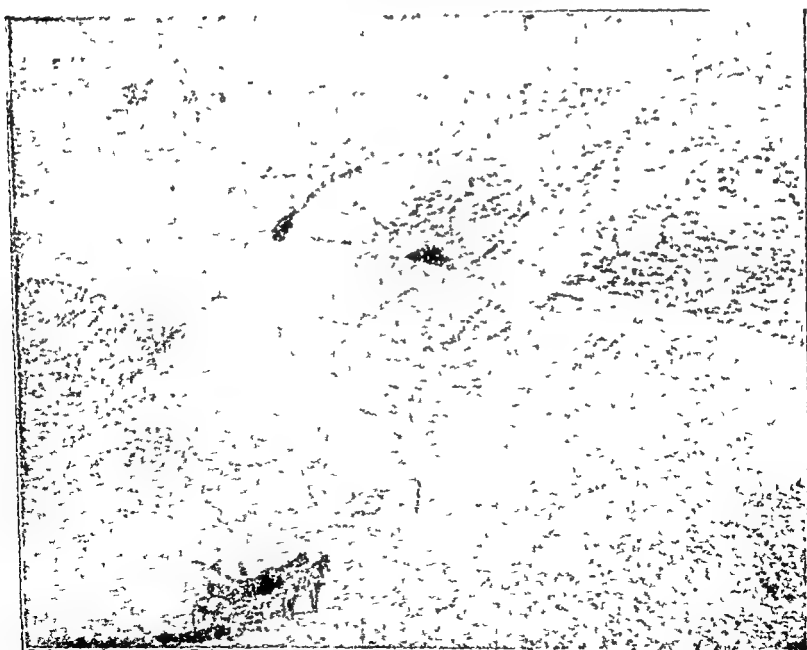


Fig 176 An irrigating canal not cemented, before the water is turned in Salt River Valley, Ariz (U. S. Geological Survey)

देश में अति प्राचीनकाल से ही नदी-घाटियाँ निवास के योग्य मानी और चाही गयी हैं। अमरीका में प्रारम्भिक काल से ही निवास के लिए घाटियों की तलाश रही है। वर्जीनिया (Virginia) और मेरीलैण्ड (Maryland) में आरम्भिक वस्तियाँ जेम्स (James) और पोटोमैक (Potomac) की घाटियों में ही बनायी गयी थी। ऐसे ही पेसिलवेनिया (Pennsylvania) क्षेत्र में डेलावेयर (Delaware), शीलकिल (Schuylkill) और ससकेहाना (Susquehanna) नाम की नदियों की घाटियों में ही वस्तियाँ बसायी गयी थी। न्यूयार्क (New York) प्रदेश की मुख्य वस्तियाँ पर्याप्त लम्बे समय से ही हडसन (Hudson) और मोहौक (Mohawk) नामक नदियों की घाटियों में ही सीमित रही हैं, और जब मैसाचुसेट्स (Massachusetts) की आरम्भिक वस्तियाँ तट के परे फैलने लगी तो उन्होंने कनेक्टिकट की घाटी (Connecticut Valley) को भी घेर लिया।

समतल घाटियाँ (valley flats) और कछारी पख (alluvial fans) दोनों ही सिंचाई के लिए अनुकूल होते हैं। चित्र १७५ और १७६ सिंचाई की नहरों तथा बड़ी खाड़ों को दिखाते हैं और चित्र १७७ जल से भरी हुई एक नहर को चित्रित



Fig 177

An irrigating canal filled with water, Salt River Valley, Ariz. (U. S. Geological Survey)

करता है। चित्र १७८ एक ऐसे खेत को चित्रित करता है जो सिंचाई के लिए खाड़ों को खोदकर तैयार किया गया है। जल, आवश्यकतानुसार, नहरों से खेत की छोटी-छोटी खाड़ों में भरा जाता है। संयुक्त राज्य के पश्चिमी भागों में स्थित अर्द्ध-शुष्क भूमि

की सिंचाई की दिशा में पर्याप्त उन्नति हो चुकी है। इस प्रकार उपयोग में लायी गयी भूमि अधिकांशतः घाटियों तथा पर्वतों से सटे हुए मैदानों में ही स्थित है। सिंचित एवं सिंचन के योग्य भूमि का सामान्य वितरण चित्र १७६ में दिया गया है। पर्वतीय प्रदेशों में अनुकूल स्थानों पर सरकार ने बाँध (dams) बनाये हैं ताकि वर्षा के जल को जलाशयों (reservoirs) में एकत्रित किया जा सके और उस जल को नीचे के मैदानों में फसल के दिनों में बाँध से निकालकर सिंचाई के प्रयोग में लिया जा सके। बाँधों के लिए चुने जाने वाले अधिकांश स्थान पर्वतीय घाटियों के सँकरे स्थान ही होते हैं।

नदियों की बाढ़ें (River floods)—यद्यपि कछारी मैदान बड़े लाभदायक होते हैं, फिर भी वे कृषि प्रदेशों के रूप में सर्वथा निर्दोष नहीं होते, क्योंकि उनमें प्रायः बाढ़ें आती हैं जो धन और जन दोनों के लिए ही बड़ी घातक होती हैं।

अनेक बड़ी नदियों की घाटियों से बाढ़ों के विध्वंसकारी उदाहरण उपलब्ध हैं। सन् १८६७ की वसन्त ऋतु में लोअर मिसिसिपी के बाढ़ के मैदान की सहस्रों वर्ग किलोमीटर भूमि जलमग्न हो गयी थी, जिसके परिणामस्वरूप अनुमानतः ५०,००० से ६०,००० लोगों को भयंकर हानि सहन करनी पड़ी थी। इन्हीं लोअर मिसिसिपी और ओहियो नदियों की सन् १८८१ और १८८२ की बाढ़ों से अनुमानतः १,५०,००,००० डालर की हानि हुई थी और १३८ मनुष्य अपने जीवन को खो बैठे थे। अकेली ओहियो नदी की ही बाढ़ों से सन् १८८४ में १,००,००,००० डालर और सन् १९०३ में ४,००,००,००० डालर की हानि होने के अनुमान हैं। सन् १९०४ में विध्वंसकारी बाढ़ वाबस (Wabash) और दूसरी ससकेहाना (Susquehanna) नदियों की घाटियों में आयी थी। प्रत्येक बाढ़ ने लगभग १,००,००,००० डालर तक की सम्पत्ति नष्ट कर दी थी।

सन् १९१३ के मार्च के महीने में ओहियो और इण्डियाना नाम की नदियों में भयंकर बाढ़ें आयी थी। २२ मार्च से २७ मार्च तक के पाँच दिनों में ही, मुख्यतः मियामी (Miami) और सियोटो (Scioto) नदियों की घाटियों में, मियामी बेसिन में २० सेंटीमीटर दैनिक औसत वर्षा हुई थी। भूमि पहले से ही जल से तर थी, अतः वर्षा के जल का अधिक भाग धरातल पर फैल गया। अत्यधिक हानि मियामी नदी पर स्थित डेटन (Dayton) नगर को हुई थी। नगर का अधिकांश भाग बाढ़ के मैदान पर बना हुआ है। नदी में ८ मीटर (५ मील) जल के चढ़ाव से नगर की रक्षा के लिए बाँधों (levees) का निर्माण किया गया था। परन्तु जल उनके ऊपर होकर निकल गया और जब बाढ़ अपनी उच्चता पर थी, नगर का अधिक भाग ३ मीटर जल के नीचे था। डेटन में अनुमानतः ३,००,००,००० डालर की सम्पत्ति नष्ट हुई थी।

इसी काल में सियोटो नदी पर स्थित कोलम्बस नगर को भी भयंकर हानि उठानी पड़ी थी। नगर के अनेक भाग जलमग्न हो गये परन्तु सर्वाधिक हानि रेलों

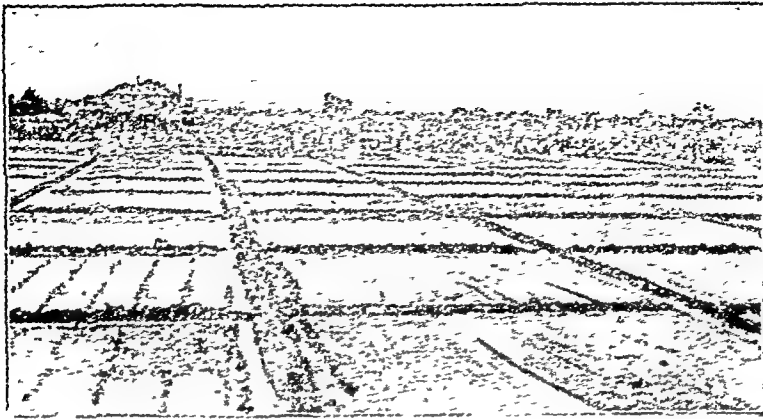


Fig. 178

Fields prepared for irrigation by methods of squares.
Las Cruces, N. M. (Photograph by Fairbanks)

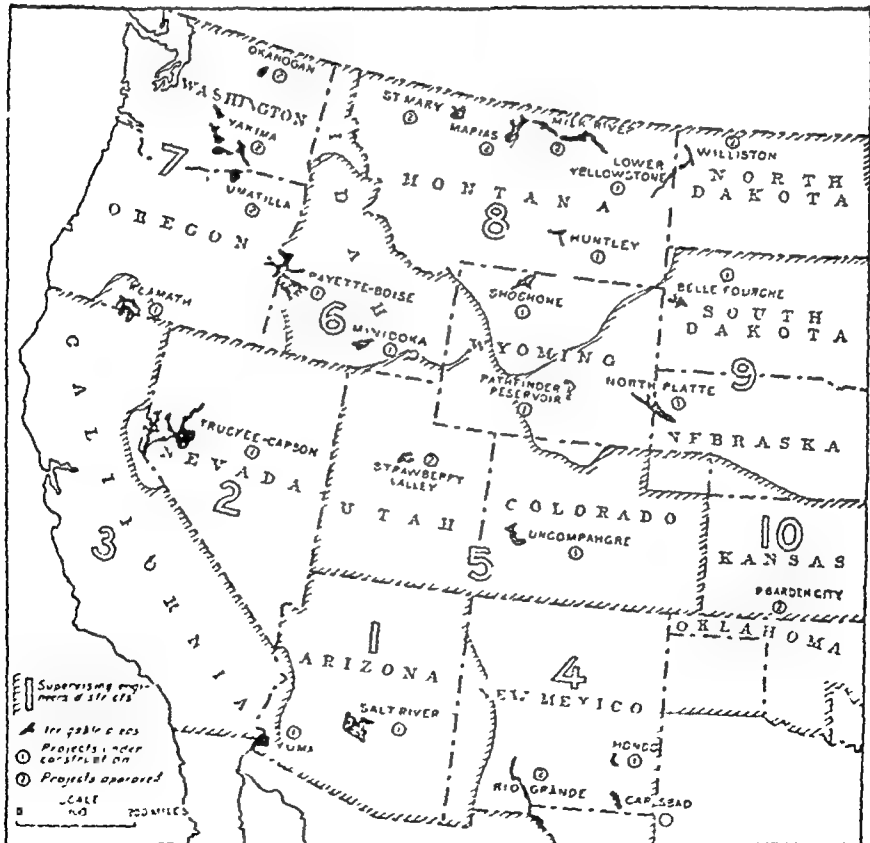


Fig 179

Map showing irrigation projects completed and under construction ; Spring, 1906 (Blanchard)

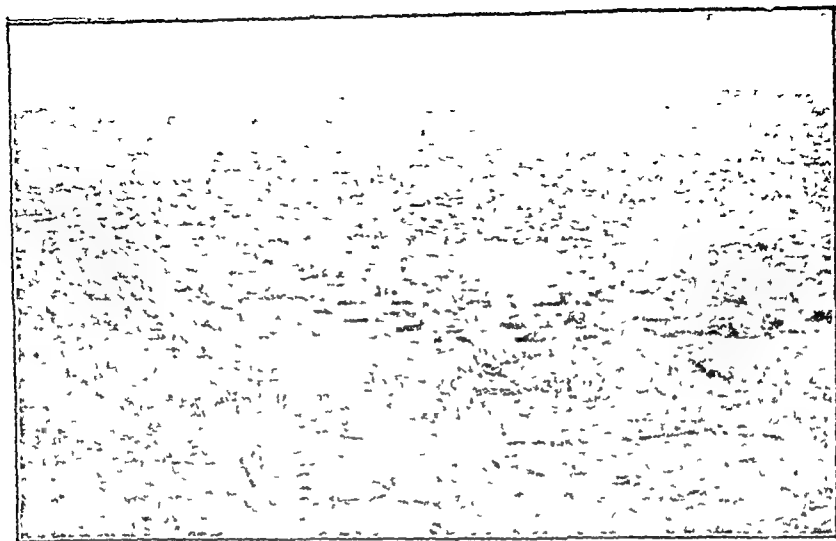


Fig. 180
A type of the arid lands of the West before irrigation.
(*U S Geological Survey*)



Fig 181
The same type of land shown in Fig. 180. after irrigation. Salt
River Valley, Ariz (*U S. Geological Survey*)

को हुई। इन रेलों में से कुल रेलों के मार्ग बाँधों (levees) पर होकर थे। B. and O. Railway की सूचना के आधार पर १२ पुलों सहित २५,००,००० से ३०,००,००० डालर तक की हानि होने का अनुमान है; और Big Four Railway के ४० पुल नष्ट हो गये थे और ४० किलोमीटर से ४८ किलोमीटर (२५ मील से ३० मील) तक की लम्बी रेल की पटरी बह गयी थी।

इण्डियाना राज्य में व्हाइट नदी पर स्थित इण्डियानापोलिस (Indianapolis) नगर भी इसी तूफानी प्रदेश में था और इसी कारण नगर को भयंकर हानि उठानी पड़ी थी। जितना ऊँचा पानी पहले कभी नहीं बढ़ा था, उससे भी १२ मीटर ऊँचा पानी बढ़ गया था जिससे ३०,००,००० डालर की सम्पत्ति की हानि का अनुमान किया गया था।

बाढ़ के मैदानों में स्थित नगर बाढ़ में महान क्षति पाते हैं। सन् १९०२ में N. J. नामक स्थान की Passaic River में एक असाधारण बाढ़ आयी थी जिसके कारण Paterson नामक नगर की करोड़ों डालर की सम्पत्ति के नष्ट हो जाने का अनुमान लगाया गया था। अधिकांश बड़ी घाटियों में समय-समय पर विध्वंसकारी बाढ़ों का आना सामान्य घटना है। सन् १८८५ में गंगा की घाटी में हुई २४ इंच वर्षा का जल लगभग २,५६० वर्ग किलोमीटर (१,००० वर्गमील) क्षेत्र पर फैल गया था और उसने अपार क्षति की थी। बाढ़ के समय नदी में अपार जलराशि उमड़ पड़ती है, उसका वेग भयानक हो जाता है, वह किनारों को काटने लगती है और नवीन जलमार्ग बना लेती है; और मड़कों, खाड़ियों, पुलों, बाँधों, गाँवों तथा नगरों को भी बहा ले जाती है।

मग्रे अधिक भयंकर बाढ़ों के उदाहरण, जो अब तक अंकित किये गये हैं, ह्वांगहो या चीन की पीली नदी (Hoang-ho or Yellow River of China) के हैं। १८६२ ई० में पहले यह नदी शांटग (Shan-tung) प्रायद्वीप के दक्षिण पीले सागर में गिरती थी। १८६२ ई० की बाढ़ में इस नदी ने अपना मार्ग बदल दिया और एक नवीन जलमार्ग बनाकर पेचिली की खाड़ी (Gulf of Pechili) में ४८० किलोमीटर (३०० मील) उत्तर की ओर जाकर गिरने लगी (चित्र १८२)। किमी नदी के मार्ग में इस प्रकार के परिवर्तन व्यापार के लिए बड़े ही महत्वपूर्ण होते हैं।

कुछ घाटियों के कछारी मैदानों को बाँधों (levees) अथवा भिनियों (dykes) द्वारा सुरक्षित किया गया है। ऐसी अवस्था में मानव प्राकृतिक बाँधों (natural levees) को और भी अधिक ऊँचा बनाना है, और उनके बीच की गिनना (gaps) को भर देना है। इस प्रकार ये बाँध साधारण बाढ़ के समय बाहर के मैदानों को बचाने हैं, किन्तु असाधारण बाढ़ कभी-कभी भिनियों (dykes) को तोड़ देती है और महान संकट उत्पन्न कर देती है। मिनीसिपी नदी के बाढ़ के मैदान के कुछ अति उपजाऊ भाग जिनमें खेती होती है, बाढ़ में ऐसे प्रभावित हैं कि कृषि फार्मों (farms) में सम्बन्धित सभी इमागने मैदान की सतह में ऊपर ही बनायी जाती है।

कछारी सीढ़ियाँ (Alluvial terraces)—जब कोई कछारी मैदान की नदी पुनर्जीवित (rejuvenated) होती है तो उसकी धारा अपने जलमार्ग को मैदान के



Fig. 182

Diagram illustrating changes in the course of the Yellow River. The shaded area represents the area subject to flooding by the main stream and its tributaries. (Richthofen)

तल से नीचे काटती है (चित्र १५८)। तब पुराने बाढ़ के मैदान के गेप बचे हुए भाग कछारी सीढ़ियाँ बनाने हैं (चित्र १८३)। ये सीढ़ियाँ (terraces) अन्य विधियों से भी बनती हैं। उदाहरण के लिए, यदि किसी सरिता को अस्थायी रूप से बोज़ की अधिकता मिल जाए तो वह अपनी घाटी को ऊँचा उठा देगी (चित्र १७०)। यदि बाद में अधिक बोज़ का स्रोत समाप्त हो जाए तो सरिता, पुनर्जीवन के बिना भी, जो कुछ तलछट उसके बाढ़ के मैदान में अस्थायी रूप से जमा हो गया था, उसको वहाँ ले जाने का कार्य आरम्भ कर देती है। अधिक स्पष्ट कछारी सीढ़ियाँ कुछ-कुछ इसी प्रकार से उत्पन्न होती हैं। अनेक नगर, जैसे ड्युबुक (Dubuque), आ (Ia), पीओरिया (Peoria), इल (Ill), हैरिसबर्ग (Harrisburg), पा (Pa.), आदि नदियों की सीढ़ियों पर ही उत्पन्न हुए थे और बाद को वे अब ऊपर की ओर भी फैल गये हैं।

(३) बहिर्मुखी विवरों पर (At debouchures)—जब कोई वेगवती सरिता समुद्र अथवा झील में गिरती है, तो उसकी धारा तुरन्त ही रुक जाती है और शीघ्र ही पूर्णतः नष्ट हो जाती है। इसी के कारण ही उसका बोज़ भी वही पर छोड़ दिया जाता है। यदि लहरो आदि द्वारा वह बहा नहीं लिया जाता तो ऐसे स्थानों में नदी द्वारा बहाये गये तलछट के निक्षेप डेल्टा बना देते हैं (चित्र १८४ और १८५)।

डेल्टा और कछारी पख की कुछ बातें समान होती हैं। दोनों ही अवस्थाओं में प्रमुख निक्षेप उस स्थान पर केन्द्रित होता है जहाँ पर सरिता का वेग अचानक रुक जाता है। परन्तु डेल्टा की अवस्था में धारा अधिक पूर्णरूप से रुक जाती है और (आरम्भ में) मलवा स्थिर जल के तल के नीचे एकत्रित होता जाता है। आकार में डेल्टा कछारी पख से इस बात में भिन्न होता है कि इसके (डेल्टा) किनारे का ढाल प्रपाती (steep slope) होता है (चित्र १८६ और १८७ की तुलना कीजिए)।

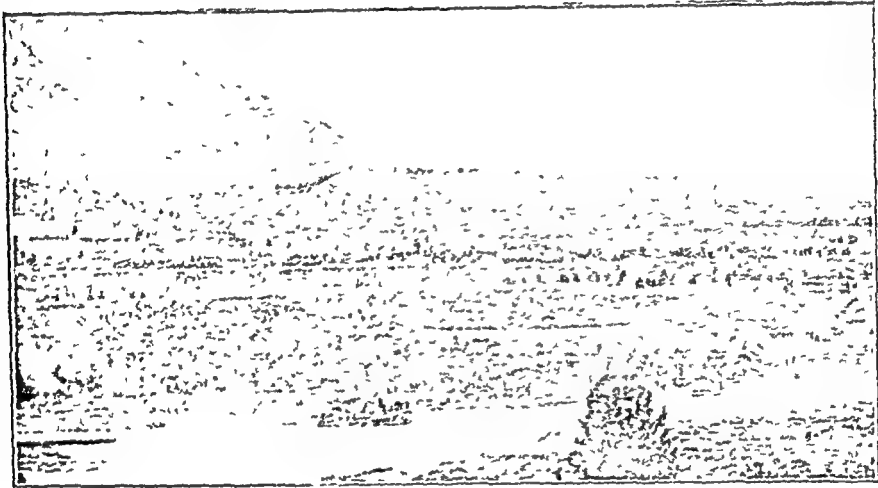


Fig 183
Terraces on the Fraser River at Lilloet, B. C.
(Photograph by Calym)

जब एक बार डेल्टा जल के नीचे आरम्भ हो जाता है तो उसके तल पर निक्षेपण होता रहता है, और डेल्टा का तल ऊँचा उठता-उठता जल के तल के बराबर अथवा उससे भी ऊपर उठ आता है। जिस जल में डेल्टा बनता है उसके तल में ऊपर डेल्टा का भाग एक समतल कछारी पख के ही समान होता है।

लहरे, धाराएँ, आदि डेल्टा के निर्माण को रोक सकती हैं, नदी तो तलछट लाने वाली सभी मग्निताएँ अपने बहिर्मुखी विवरों पर डेल्टा बनाती हैं। कुछ ऐसे स्थानों पर भी डेल्टा बन जाते हैं जहाँ पर एक मग्निता दूसरी मग्निता में मिल जाती है। ऐसा विशेषतः उस अवस्था में होता है जबकि मलवे में नदी हुई कोई वेगवती नदी किसी मन्द बहने वाली मग्निता में मिलती है। इस प्रकार के नदियों के भीतर के डेल्टा साधारणतया कम विस्तार के होते हैं।

डेल्टा निर्माण की प्रक्रिया द्वारा पर्याप्त भूमि का निर्माण हुआ है। जैसे, कोलोरेडो नदी ने कैलीफोर्निया की खाड़ी के सिरे पर एक बहुत बड़ा डेल्टा बनाया

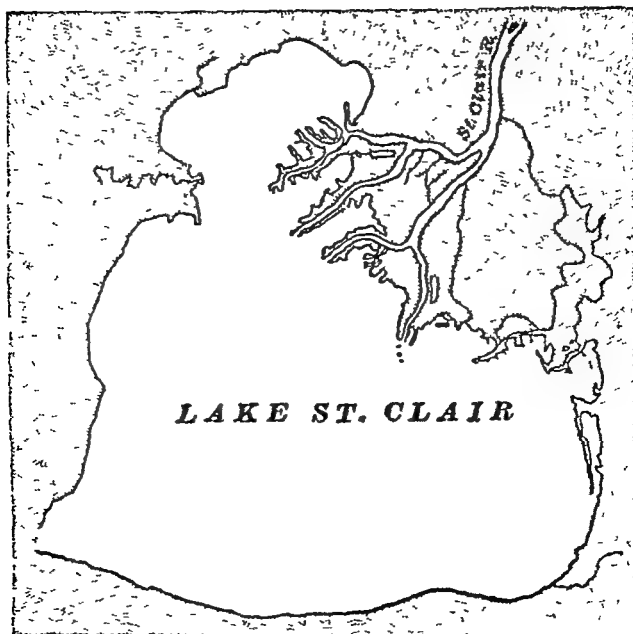


Fig. 184

Delta of Lake St. Clair. (*Lake Survey Chart*)



Fig 185

A general view of the lower part of the delta of the Mississippi.

है जो जल से ऊपर कई वर्ग किलोमीटर के क्षेत्र में फैला हुआ है (चित्र १८८)। यह डेल्टा खाड़ी के ऊपरी सिरे के लगभग एक छोर से दूसरे छोर तक बना हुआ है

जिससे खाड़ी का पहला सिरा बन्द हो गया है। इस प्रदेश की शुष्क जलवायु में यह बन्द होने वाला सिरा लगभग एक शुष्क द्रोणी बन गया है जिसका सबसे निचला भाग समुद्र-तल से लगभग ६० मीटर (३०० फुट) नीचे है। वाशिंगटन राज्य की Skagit नदी ने अपना डेल्टा इस भाँति बनाया है कि Puget Sound में स्थित ऊँचे टापुओं को चारों ओर से घेरकर टापुओं को मुख्य भूमि से जोड़ दिया है। मिसिसिपी

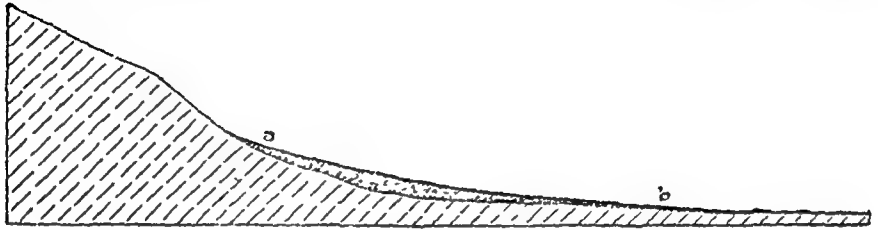


Fig. 186

Diagrammatic profile and section of an alluvial fan.

नदी का डेल्टा (चित्र १८५), नील का डेल्टा (चित्र १८६) और ह्वांगहो का विणाल डेल्टा, अति विणाल और प्रसिद्ध डेल्टा हैं। गंगा और ब्रह्मपुत्र का संयुक्त डेल्टा भी एक विणाल डेल्टा है जिसका क्षेत्रफल जल के ऊपर लगभग ५०,००० वर्ग किलोमीटर है। पो नदी ने एड्रिया (Adria) के प्राचीन बन्दरगाह, जिसके नाम पर एड्रियाटिक सागर का नामकरण हुआ था, के आगे लगभग २३ किलोमीटर तक अपना डेल्टा बनाया है। फ्रान्स की रोन नदी (Rhône River) ने अपने डेल्टा को पन्द्रह शताब्दियों में २४ किलोमीटर (१५ मील) आगे बढ़ाया है।

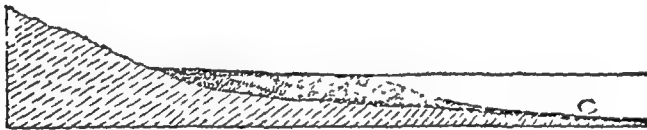


Fig. 187

Diagrammatic profile and section of a delta.

अनेक डेल्टाओं की सीमाएँ निर्धारित करना कठिन है। कभी-कभी डेल्टा के विषय में कहा जाता है कि डेल्टा नदी के ऊपरी भाग में उस स्थान तक सीमित होता है जहाँ से नदी में निकलने वाली नदियों^१ (distributaries) का निकलना आरम्भ हो जाता है। यह परिभाषा सुविधाजनक है, किन्तु मनमानी है। यह कम निश्चित है, परन्तु सम्भवतः अधिक सत्य है, कि डेल्टा का सिंग नदी के निक्षेपों द्वारा समुद्र अथवा झील से प्राप्त (reclaimed) स्थल की ऊपरी सीमा में ही मानना चाहिए। यह परिभाषा अनेक अवस्थाओं में डेल्टाओं के क्षेत्रफल को अन्यो की अपेक्षा बहुत बड़ा बना देगी। उदाहरण के लिए, इस आधार पर मिसिसिपी के डेल्टा का सिरा ओहियो नदी के मुहाने के समीप ही होगा।

^१ जैसे हुगली।—अनु०

डेल्टा-निर्माण के फलस्वरूप स्थल के क्षेत्रफल में वृद्धि होती है; परन्तु इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि वे विधियाँ जो डेल्टा के निर्माण का नेतृत्व करती हैं, वे स्थल-खण्डों के परिमाण (volume) को कम करती हुई उनके क्षेत्रफल को बढ़ाती हैं।

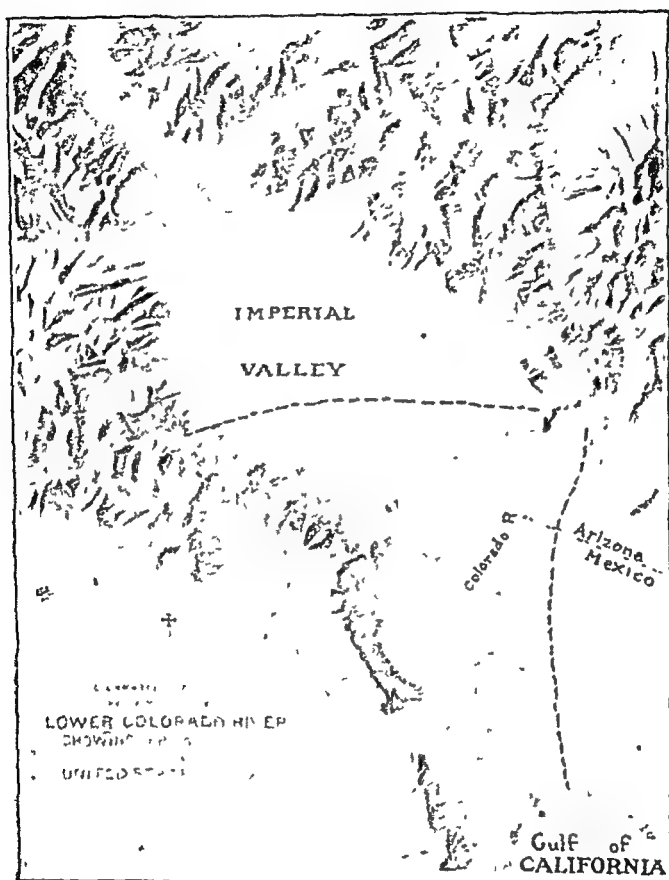


Fig 188

Relief map of an area about the head of the Gulf of California, showing the delta of the Colorado River, outlined in a general way by dotted lines.

(U. S. Reclamation Service)

कुछ डेल्टाओं की रूपरेखा उन परिस्थितियों द्वारा निश्चित होती है जिनके मध्य वे बनते हैं। जैसे, यदि कोई डेल्टा किसी खाड़ी के सिरे पर बना होता है, तो उस खाड़ी के सिरे का आकार डेल्टा की आकृति को निश्चित कर देगा। किसी डेल्टा की साधारण आकृति, यदि वह किसी खुले हुए तट पर बना है, तो वह कुछ-कुछ अर्द्ध-गोलाकार होती है, यद्यपि वहाँ पर डेल्टा की उँगलियों (delta fingers)

का एक किनारा (fringe) हो सकता है, जिसकी शकल यूनानी अक्षर (Δ) की सी होती है।

नदियों के मुहानों पर काँप के जमने की क्रिया (silting up) उन नगरों के लिए घातक हो सकती है जिनका व्यापार नदी के व्यापार पर निर्भर होता है। जैसे, भारत की ताप्ती नदी के मुहाने पर काँप के जमते रहने की क्रिया (silting) के कारण सूरत का बन्दरगाह, जो कभी भारत के व्यापार का प्रमुख व्यापारिक केन्द्र था, अवनति को प्राप्त हुआ। सन् १७६७ और १८४७ ई० के बीच सूरत नगर की जनसंख्या ८,००,००० से घटकर ८,००० रह गयी थी।



Fig 189

The delta of the Nile. (Prestwich)

अधिकांश डेल्टाओं का बगल-प्रवाह समान रहता है और सरिताएँ जो उन्हें पार करती हैं वे उनके जल को वितरण करने वाली अनेक नदियों (distributaries—विनरिकाओं) को जन्म देती हैं, जैसा कि पूर्ववर्ती चित्रों में दिखाया गया है। उन विनरिकाओं के मार्ग में बड़े और आकस्मिक परिवर्तन हो जाया करते हैं। वैसे तो समान रूप में उनका निरन्तर स्थानान्तरण होता रहता है। ये परिवर्तन कभी-कभी व्यापार पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालते हैं। उदाहरण के लिए, भारत में कामिब बाजार (बंगाल) की स्थिति अठारहवीं शताब्दी के प्रारम्भ में अत्यन्त महत्वपूर्ण थी और उसे 'गंगा के व्यापार का प्रमुख वाणिज्य स्थल' कहा गया था। भागीरथी नदी (गंगा की एक विनरिका जिसके तट पर वह स्थित था) के मार्ग के आकस्मिक परिवर्तन के फलस्वरूप अब वह एक दलदल रह गया है।

अनेक डेल्टाओं पर ऐसी होती है और उनमें से कुछ, जैसे कि ज्वागहो नदी का डेल्टा है, घनी जनसंख्या की उद्भरण करती हैं। परन्तु डेल्टा की भूमि विध्वंसकारी बाढ़ों से प्रभावित रहती है। यह अनुमान किया गया है कि सन् १८८३ ई० की

ह्वागहो नदी की बाढ़ ने अपने डेल्टा के निवासियों में से कम से कम १० लाख को डूबो दिया था और बाढ़ के बाद के अकाल और बीमारियों में इससे भी अधिक व्यक्तियों की मृत्यु हुई थी । अनेक गाँव पूर्णतः नष्ट हो गये थे और सैकड़ों अन्य अस्थायी रूप से जल में डूब गये थे ।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या में अभ्यास १० देखिए ।

शीन तथा हिम के कार्य (THE WORK OF SNOW¹ AND ICE²)

हम देख चुके हैं कि वायुमण्डल, भूमिगत-जल और स्थल के तल पर व्याप्त जल स्थल की समाकृति (configuration) में महत्वपूर्ण परिवर्तन करते रहते हैं। अब हम जल के कार्य के विषय में ठोस रूप से अव्ययन करेंगे।



Fig. 190

Ice-crystals forming in the upper part of the soil grow by the addition of moisture rising from below. The ice added below pushes up the ice already formed. Columns of ice two or three inches in height are formed in this way, even raising small stones.
(Photo by Roberts)

तल के नीचे की हिम (Ice beneath the surface)—यह हम पहले ही उल्लेख कर चुके हैं कि जिलाओं की दरानों में हिम अपना पञ्चन कार्य (wedge-

¹ Snow=शीन

² Ice=हिम

work) किस प्रकार से करती है। जब हम उन विशाल क्षेत्रों के विषय में विचार करते हैं जहाँ वर्ष के कुछ भाग में जल जम जाया करता है, तो ऐसा प्रतीत होता है कि शिलाओं के छेदों और दरारों में जल के जमने का औसत प्रभाव, समय की लम्बी अवधि में, अधिक अवश्य हो जाता होगा। साथ ही साथ, जो जल मिट्टी में जम जाता है, वह भी तल पर कुछ प्रभाव डालता है। यह प्रभाव प्रथम तो दीवारों में उत्पन्न होने वाले विक्षोभ (disturbance) में उम समय प्रकट हो जाता है जबकि वे दीवारें जमाव-बिन्दु की गहराई से नीचे नहीं जाती, और दूसरे उस समय भी स्पष्ट हो जाता है जबकि पत्थर और गोलाग्र (boulders) मिट्टी से बाहर निकल आने की क्रिया करते होते हैं। मिट्टी में जमा हुआ जल मिट्टी को अस्थायी रूप से ठोस बना देता है और इस प्रकार तल के अपक्षरण (erosion) को रोकता अथवा कम करता है। इस प्रकार से वह संरक्षण का प्रभाव रखता है। मिट्टी से उठने वाली आर्द्रता, चाहे वह भाप के रूप में हो और चाहे वह कैपिल-क्रिया (capillary action) के द्वारा होती हो, कभी-कभी तल तक पहुँचकर जम जाती है। इस प्रकार से बने हुए तुपार (frost) में नीचे से निरन्तर वृद्धि हो सकती है और उसके परिणामस्वरूप ऊपर की ओर हिम की वृद्धि हो सकती है, जैसा कि चित्र १६० में दिखाया गया है।

हिम के अन्य स्वरूपों की अपेक्षा शीन (snow) अधिक व्यापक होती है। हिम के अन्य परिचित स्वरूप झीलो, नदियों, उच्च अक्षांशों के समुद्रों एवं भूखण्डों और उच्च पर्वतों के स्थलों पर मिलते हैं।

झीलों की हिम (Ice of lakes)—जलाशयों और झीलों के ऊपर हिम के निर्माण को समझने के लिए हम उन परिवर्तनों का अनुसरण कर सकते हैं जो जाड़े की ऋतु के शीत के आने पर घटित होते हैं।

मीठा जल प्रायः 4° सेण्टीग्रेड के तापमान पर घनतम (densest) होता है। मध्य अक्षांशों में जलाशयों और झीलों के ऊपरी तल का जल (surface water) ग्रीष्म ऋतु में 4° सेण्टीग्रेड से बहुत अधिक गरम रहता है। तल के नीचे का जल ऊपरी तल के जल की अपेक्षा शीतल रहता है, किन्तु कम से कम कुछ गहराई तक, तथा अनेक अवस्थाओं में नितल (bottom) तक, 4° सेण्टीग्रेड से भी अधिक गरम रहा करता है। पतझड़ (autumn) और जाड़ों की ऋतु में जब तल का जल शीतल हो जाता है, तो वह नीचे के उष्णतर जल की अपेक्षा अधिक भारी हो जाता है, और वह मन्द गति से नीचे की ओर बैठने लगता है। यह क्रिया तब तक होती रहती है अथवा ऐसा होने की प्रवृत्ति रहती है, जब तक कि ऊपर से नितल तक के समस्त जल का तापमान प्रायः 4° सेण्टीग्रेड न हो जाए। कुछ और अधिक शीतल हो जाने पर सबसे ऊपर का जल थोड़ा विस्तृत होकर तल पर ही रुका रहता है। जब वह शीतल होकर 0° सेण्टीग्रेड पर पहुँचता है तो वह जम जाता है। जमाव की क्रिया में वह अपने आयतन का प्रायः $\frac{1}{10}$ विस्तृत हो जाता है।

मध्य अक्षांशों में गहरी झीले, जैसे संयुक्त राज्य की बड़ी झीले, शीतलतम

जाड़ों में भी ऊपरी तल पर नहीं जम पाती है, क्योंकि ऐसी झीलों का सम्पूर्ण जल 4° सेण्टीग्रेड तक शीतल नहीं हो पाता है; और जब तक कि उनके अधिक गहरे भागों में तापमान 4° सेण्टीग्रेड से ऊपर रहता है, तब तक तल का जल शीतल होने



Fig. 191

Ice crowding on shore. Lake Mendota, Wis.
(Buckley, Wis. Geological Survey)

के कारण नीचे की ओर डूबता रहता है और इस प्रकार वह हिमीकरण तापमान (freezing temperature) तक नहीं पहुँचता है। अतएव ऐसी झीलों के ऊपरी तल का जल प्रायः केवल अपने किनारे पर ही, जहाँ जल उथला रहता है, जम जाता है, क्योंकि ऊपर से नीचे नितल तक जल का तापमान उच्चतम घनत्व (greatest



Fig. 192

Shore of Wall Lake, Iowa. (Photo by Calvin)

density) के तापमान तक कम हो जाता है। निम्नान्त के अनुसार किनारे के समीप के उन अधिक शीतल जल को किनारे में दूर अधिक गहराइयों में फैल जाना चाहिए, और वास्तव में यह जल जब कभी भी अधिक गहराइयों के जल की अपेक्षा अधिक भारी होता है तो उस दिशा में संचालित भी होता है, किन्तु अनेक झीलों में संचालन की यह गति इतनी मन्द होती है कि वह तल पर जमाव को रोक नहीं सकती है।

अधिकांश अन्य ठोस पदार्थों के समान हिम भी तापमान के कम हो जाने पर सिकुड़ती है। यदि झील अथवा जलाशय के जम जाने के पश्चात् तापमान विणेष रूप से नीचे गिरता है, तो सिकुड़ती हुई हिम किनारों से हटकर मध्य की ओर हो जाती है अथवा हिम में दरारे फट जाते हैं। दरार फटने में कभी-कभी पिस्तौल छूटने के समान जोर की ध्वनि होती है। हिम और किनारों के बीच, अथवा फटी हुई दरारों में, जल ऊपर उठ आता है और जम जाता है तथा हिम की चादर पुनः झील को पूर्णतः ढक लेती है। जब शीत की लहर समाप्त हो जाती है तो हिम का तापमान ऊपर उठता है और हिम फैल जाती है। फैलती हुई हिम, विणेषतः यदि किनारों का ढाल मन्द हो तो (चित्र १९१), तटों के ऊपर एकत्रित हो सकती है, अथवा किनारे से दूर धनुषाकार रूप में ऊपर उठ सकती है। प्रथम परिस्थिति में बालू, बजरी और गोलाश्म जो हिम के नितल में जम जाते हैं, उसके साथ तटों पर आ जाते हैं। अनेक प्राचीरयुक्त झीलों (walled lakes) (चित्र १९२), अर्थात् वे झीले जिनके तटों के समीप गोलाश्मों की राशियाँ भित्तियों के समान प्रतीत होती हैं, विचित्र आकृतियाँ फैलती हुई हिम के तटवर्ती बढ़ाव के कारण ही उत्पन्न हुआ करती है। यही नहीं, तटों पर स्थित निम्नकोटि की वेदिकाएँ (low terraces) और कटक (ridges) भी इसी कारण से ही उत्पन्न हुआ करती है (चित्र १९३)। जहाँ पर झील का तट प्रपाती (steep) और शिथिल मृत्तिकामय पदार्थ का बना



Fig. 193

A low terrace of gravel and sand formed by ice Shore of Oconomowoc Lake, Wis.
(Fenneman, Wis. Geological Survey)

मदिसान (Madison, Wis.) के समीप मैण्डोटा झील (Lake Mendota) के तटों पर इस प्रकार से बनी हुई एक कटक को दिखाया गया है जो १८६८-६९ के जाड़ों में बनी थी।

समुद्र पर हिम (Ice on the sea)—उच्च अक्षांशों में समुद्र तट के साथ-साथ हिम बन जाती है। मीठे जल के विपरीत, समुद्र का (खारी) जल तब तक

हुआ होता है, वहाँ पर फैलती हुई हिम मिट्टी के नीचे भी एकत्रित हो सकती है और तट के समीप के वृक्षों को उखाड़ भी सकती है (चित्र १९४)।

किसी झील की हिम, भूमि की हिम के साथ पार्श्विक रूप से (laterally) अखण्ड हो सकती है (चित्र १९५), और ऐसी अवस्था में हिम का तटवर्ती बढ़ाव जमी हुई भूमि को ध्यान को आकर्षित करने वाले कटक के रूप में उभार सकता है। चित्र १९५ में विसकांसिन में

संघनन करना है जब तक कि वह जम नहीं जाता है। इसके जमने का तापमान

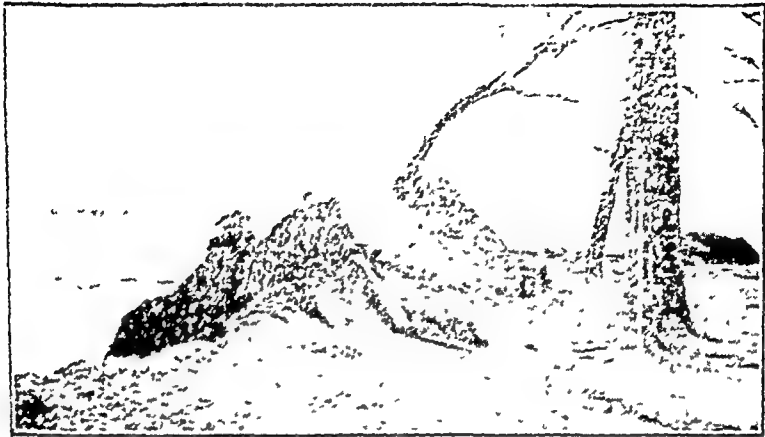


Fig. 194

The shove of ice on the shore of Lake Mendota, Wis.
(Photo by Buckley)

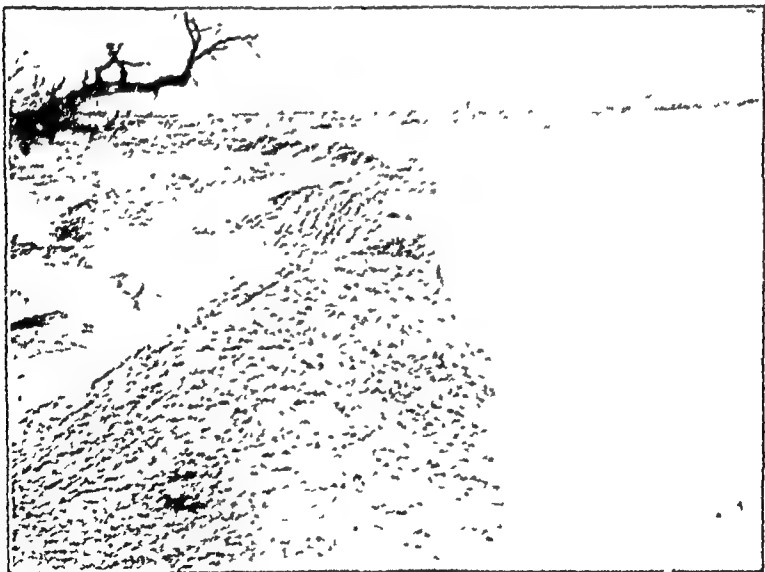


Fig 195

Shove of shore ice where the shore is marshy. The ice of
the marsh is pushed up into ridges.
(Buckley, Wis. Geological Survey)

— ३३° सेण्टीग्रेड से — ० ०° सेण्टीग्रेड तक होता है। तापमान की यह विभिन्नता
जल की विभिन्न लवणता (salinity) के कारण होती है।

समुद्र के जल से निर्मित हिमस्फटिक (ice crystals) व्यक्तिगत रूप में लवण से हीन होते हैं, परन्तु समुद्र के जल से निर्मित किसी हिम-पुज (mass of ice) में स्फटिक लवण अथवा लवणजल (brine) का अन्तरावेश (inclusions of crystallized salt) जो खारी जल के जमने समय अलग हो जाते हैं, सम्मिलित

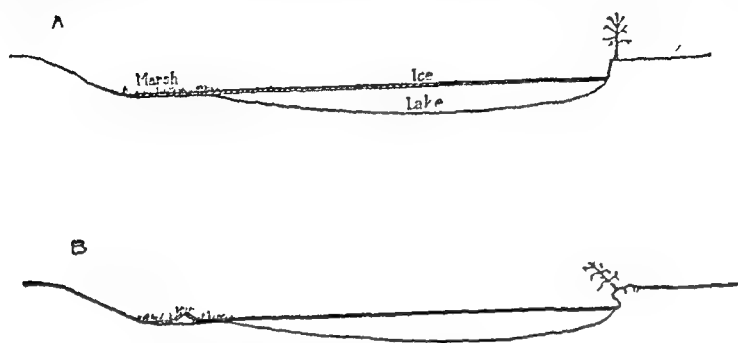


Fig. 196

Diagram representing the effects of ice-shove on a marsh adjoining a lake, and on a high steep bank. It is to be remembered that the ground is frozen when the shove takes place, and therefore more resistant than when not frozen. The thrust must therefore be strong to produce the observed result.

रहता है। ध्रुवीय प्रदेशों में समुद्र की हिम कई मीटर की गहराई धारण कर लेती है। यह गहराई कम से कम २½ अथवा ३ मीटर अवश्य होती है। कभी-कभी बहती हुई हिम इससे भी अधिक मोटाई की दिखाई देती है, परन्तु यह सन्देहयुक्त है कि ये बड़ी-बड़ी मोटाइयाँ उम हिम की प्रतिनिधि हैं जो शान्त समुद्र के जल के जमने के कारण बनी होती हैं। कुछ भी हो, जाड़ों में बनी हुई हिम प्रायः ग्रीष्म ऋतु में बहते हुए हिम-खण्डों में विभक्त हो जाती है, जिन्हें हम हिम-प्रवाह (floe-ice) कहते हैं (चित्र १६७), और ये हिम-प्रवाह कभी-कभी एकत्रित होकर प्रवाही हिम-पुज (ice-packs) बनाते हैं, जिसमें विभिन्न खण्ड इस प्रकार से गुथ जाते हैं कि उनमें से कुछ का अलग अस्तित्व ही समाप्त हो जाता है, और ये पुज जल से ऊपर ऊँचाई में खड़े हो जाते हैं। यदि किसी ग्रीष्म का हिम-पुज गर्मी की ऋतु की समाप्ति पर भी पर्याप्त उत्तर दिशा की ओर होता है तो वह जमा भी रह सकता है और उसकी मोटाई सामान्य समुद्री हिम से भी पर्याप्त अधिक होती है। इन पुजों की मोटाई हिम-खण्डों से बनी है जिनमें से कुछ सिरों पर भी होते हैं।

हिम-पद (Ice-foot)—उच्च अक्षांशों में समुद्र के जल के जमने से पहले, तट पर पड़ी हुई शीन (snow) का पतझड़ में एकत्रित होना आरम्भ हो जाता है। तूफानों द्वारा फेका हुआ पानी शीन की राशि पर पड़ता है और उसमें जम जाता है और शीन को हिम में बदल देता है। लहरों तथा ज्वारों के द्वारा प्रारम्भिक समुद्री

हिम, स्थल के ऊपर सामान्य समुद्र-तल से कुछ ऊपर की ओर बढ़ने को बाध्य हो सकती है और इसके पिण्ड की मोटाई इस पर पड़ने वाली शीत के कारण बढ़ जाती है। इन विधियों द्वारा तटों की हिम बहुत मोटी हो सकती है और उसका ऊपरी छोर समुद्र-तल से अनेक मीटर ऊपर हो जाता है। तट की इस प्रकार की हिम को

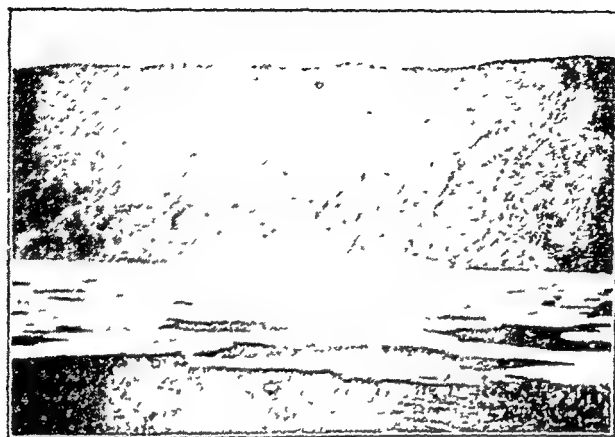


Fig. 197

Floe-ice on the shore of Greenland.

समुद्रतटीय हिम-पद कहते हैं। हिम-पद के ऊपर चट्टानों के टुकड़े ऊपर के पर्वत-खण्डों (cliffs) से टूट-टूटकर अधिक सख्या में एकत्रित हो सकते हैं। चट्टानों का आवरण नीचे की हिम को पिघलने नहीं देता है और हिम-पद के ये सुरक्षित अंश ग्रीष्म ऋतु में भी बने रह जाते हैं।

नदियों की हिम (Ice in rivers)—शीत जलवायु में नदियों का जल भी ऊपरी सतह पर जम जाता है और जब वसन्त में हिम पिघलती है तो वे पत्थर एवं गोलाश्म (gravels) जिनके साथ हिम किनारों से चिपकी हुई थी, नदी में कई एक किलोमीटरों तक बह जा सकती हैं। बहती हुई हिम में केवल गोलाश्म ही जमे नहीं रहते हैं बल्कि यदाकदा जो चट्टानें नदी में बाहर निकली रहती हैं, उनमें विशाल टुकड़े टूट-टूटकर हिम के साथ बह जाते हैं। मॉन्ट्रियल (Montreal) में १० से १५ मीटर के वर्गाकार पत्थर के भवन जो इस प्रकार बाहर निकले हुए थे कि उनके चारों ओर नदी की हिम जम जाए, सेंट लॉरेन्स नदी की हिम के द्वारा हटा दिये गये हैं।

जब नदी की हिम टूटती है तो हिम-पुंज बहाव के साथ बह जाते हैं और नदी में जहाँ रोक मिलती है वहाँ वे रोकों के पीछे की ओर जमा हो जाते हैं। ऐसे एकत्रीकरण जहाँ कहीं पुलों के ऊपर हुए हैं वहाँ पर पुलों के बह जाने की सम्भावना उत्पन्न हो जाती है। ऐसे एकत्रीकरण अपने स्थानों में ऊपर विध्वंसकारी बाढ़ों को भी अवसर प्रदान करते हैं और जब वे विघटित होते हैं तो उनके ऊपरी भाग में एकत्रित जल विध्वसात्मक वेग से नीचे की घाटियों में दौड़ पड़ता है।

उत्तरी महाद्वीपों में उत्तर की ओर बहने वाली नदियों में विशेष रूप से इस

प्रकार की बाढें आती हैं। उनकी ऊपरी द्रोणियों (basins) की हिम पिघल जाती हैं जबकि नदियों के नीचे के भागों में हिम उस समय भी जमी रहती है। ऊपर के जल का स्वतन्त्र बहाव इस प्रकार रुक जाता है और उसके परिणामस्वरूप बाढें आया करती हैं।

उत्तरी अक्षांशों की अनेक नदियाँ जम जाने पर सड़कों का काम देती हैं।

स्थल पर स्थित हिम (Ground-ice)—पथरीली नदियों की तली में जहाँ धारा तीव्र होती है, कभी-कभी हिम बनती है। अन्त में यह हिम तली के पत्थरों और गोलाशमों के आसपास जम जाती है और जब उनके समीप पर्याप्त हिम जम जाती है तो वे पत्थर और गोलाशम तली से उखड़कर जल द्वारा बहाये जा सकते हैं। सेट लारेस की खाड़ी और वाल्टिक सागर जैसे उथले समुद्रों के नितल पर (अथवा तल के नीचे) कभी-कभी हिम अधिक मात्रा में बनती है। इस प्रकार से बनी हुई हिम को तल पर स्थित हिम कहते हैं अथवा कभी-कभी लंगर-हिम (anchor-ice) भी कहा जाता है। कहा जाता है कि छोटे-छोटे जहाज यदाकदा इस नितल-हिम की विशाल मात्रा के आकस्मिक रूप में तल पर आ जाने के कारण घिर कर फँस जाते हैं।

नदियों में इस नितल-हिम की उपस्थिति के निम्न कारण ज्ञात होते हैं—
(१) सरिता का नितल जम जाता है और उसके सम्पर्क में आने वाला जल उसके साथ जम जाता है, अथवा (२) यद्यपि सम्पूर्ण नदी का तापमान 0° सेण्टीग्रेड से कुछ नीचे होता है तथापि ऊपर और तीव्रतर भाग में जल का अधिक संचालन-वेग जल को जमने से रोके रहता है जबकि नीचे का अधिक शान्त जल जम जाता है।

उथले समुद्रों के नितल में हिम की उत्पत्ति का कारण स्पष्ट नहीं है। नदी के नितल की हिम के कारण के विषय में ऊपर जो सुझाव दिये गये हैं वे समुद्र के विषय में उपयुक्त ज्ञात नहीं होते हैं। यह सम्भव है कि उन समुद्रों को झरनों से मिलने वाला मीठा पानी, जिनके जल का तापमान 0° सेण्टीग्रेड से नीचा किन्तु नमकीन पानी के हिमांक में ऊँचा होना है, खारी पानी के साथ पूर्णरूपेण मिल जाने से पहले ही जम जाता हो। लगरी के आसपास बन जाने वाली हिम का कारण सम्भवतः यही होता है कि लगरी को नीचे गिराने से पूर्व उसका (लगरी) तापमान नीचा होता है, किन्तु इस कारण द्वारा उत्पन्न हुई हिम बहुत समय तक नहीं रह सकती है।

शीन (Snow)—जब वायु में आर्द्रता का सघनन 0° सेण्टीग्रेड से कम तापमान पर हाता है तो वह साधारणतया बरफ के गोले (snow flakes) का रूप ग्रहण करती है (चित्र ६६)। ये बरफ के गोले जमी हुई वर्षा की बूँदें नहीं होती हैं, वे वर्षा की बूँदों के स्थान पर वायु में तब बनती हैं जबकि वह तापमान, जिस पर जल-वाष्प का सघनन होता है, जल के हिमांक से नीचा होता है।

उच्च अक्षांशों में वर्ष के अधिकांश भाग में और मध्य अक्षांशों में शीत ऋतु में शीन गिरा करती है। निम्न अक्षांशों में उच्च पर्वतों को छोड़कर शीन गिरती ही

नहीं। इन भागों के उच्च पर्वतों पर जो थोड़ी-सी शीन गिरती भी है वह शीघ्र ही पिघल भी जाती है। हिम-पात का समय और उस समय की अवधि जबकि तल पर हिम पड़ी रहती है, दोनों ही बढ़ती हुई उच्चता और बढ़ते हुए अक्षांशों के साथ बढ़ते हैं। अतएव ध्रुवीय वृत्तों (polar circles) के ऊपर अधिकांश अवक्षेपण (precipitation) शीन के रूप में गिरता है। वहाँ अधिकांश स्थलों पर, यहाँ तक कि निम्न स्तरों पर भी, हिम सदैव पड़ी रहती है। निम्न अक्षांशों में पर्याप्त उच्च स्थानों पर भी यही बात मत्य है। वास्तव में, कुछ ऐसी अवस्थाओं में ठण्डी ग्रीष्म ऋतु का हिमपात शीत ऋतु के हिमपात की अपेक्षा बहुत अधिक होता है।

जब तक शीन तल पर पड़ी रहती है, वह तल को सुरक्षित रखती है। वह नीचे दबती हुई वनस्पति को तापमान के अत्यधिक परिवर्तनों से, और विशेषतः हिम-द्रवणों (thawings) की पुनरावृत्तियों (दिन में), तथा हिमीकरण की पुनरावृत्तियों (रात में), से जो अनेक पौधों के लिए हानिकर होती है, बचाये रखती है, और वह नीचे की धूल और बालू को पवन द्वारा उड़ाये जाने से रोकती है। जो अवस्थाएँ शीन को सुरक्षित रखती हैं वे प्रवाहित जल द्वारा तल के वास्तविक कटाव को भी उस समय तक जब तक कि शीन भूमि पर रहती है, रोकती हैं।

शीन-क्षेत्र (Snow-fields)—जब किसी विशेष क्षेत्रफल में वर्षों तक शीन बनी रहती है तो वहाँ एक 'शीन-क्षेत्र' का निर्माण हो जाता है। शीन-क्षेत्र व्यापक रूप से फैले हुए हैं। यदि सामान्य रूप में कहा जाए तो वे प्रायः सभी अक्षांशों में स्थित पर्वतों में पाये जाते हैं, किन्तु भूमध्यरेखीय प्रदेशों के लिए उनकी आवश्यक ऊँचाई अधिक है (४,५०० मीटर से ५,४०० मीटर), सम-शीतोष्ण प्रदेशों में इसमें कम और ध्रुवीय प्रदेशों में नगण्य है। वास्तव में, ध्रुवीय प्रदेशों में शीन-क्षेत्र समुद्र-तल की ऊँचाई पर भी वर्तमान हैं। दूसरे शब्दों में, कहा जा सकता है कि शीन-क्षेत्र किसी भी अक्षांश पर पर्याप्त उच्च पर्वतों पर स्थित हैं, और किसी भी ऊँचाई पर पर्याप्त उच्च अक्षांशों में भी स्थित हैं।

सयुक्त राज्य में भी शीन-क्षेत्र अलभ्य नहीं हैं। वे कैलीफोर्निया, कोलोरेडो और यूटाह के पर्वतों में (कहीं-कहीं) वर्तमान हैं और उनमें उत्तर के सभी राज्यों के उच्च पर्वतों में हैं (चित्र १६८)। अधिक उत्तर के राज्यों में शीन-क्षेत्र अधिक मर्यादा में हैं और सम्यक् रूप में अधिक दक्षिण के क्षेत्रों में विनाशपूर्ण हैं। सयुक्त राज्य में उत्तर के पर्वतों में वे और भी अधिक विस्तृत हैं और अलास्का में उनमें से कुछ का विस्तार उल्लेखनीय है (चित्र १६९)।

मैक्सिको एवं दक्षिणी अमरीका के उच्च पर्वतों, आल्प्स, पिरेनीज, काकेशस, यूरोप के स्कैंडेनेवियन पर्वतों और हिमालय तथा उत्तर एवं उत्तर-पूर्व एशिया के प्रदेशों के उच्चतर पर्वतों में शीन-क्षेत्र मिलते हैं। भूमध्यरेखा के अति निकट ही अफ्रीका में भी कुछ क्षेत्र हैं, यद्यपि वे छोटे हैं और अति उच्च पर्वतों तक ही सीमित हैं। इन तथा अन्य शीन एवं हिम के छोटे क्षेत्रों के अतिरिक्त, दो विशाल क्षेत्र ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्क्टिका में स्थित हैं। ग्रीनलैण्ड के शीन एवं हिम-क्षेत्रों में

उपरोक्त समस्त पर्वतीय हिम-क्षेत्रों की अपेक्षा पर्याप्त अधिक शीन तथा हिम पायी जाती है। अण्टार्कटिका के हिम-क्षेत्रों में सम्भवतः अन्य समस्त क्षेत्रों की सम्मिलित शीन एवं हिम-राशि की अपेक्षा कई गुना अधिक शीन एवं हिम मिलती है।

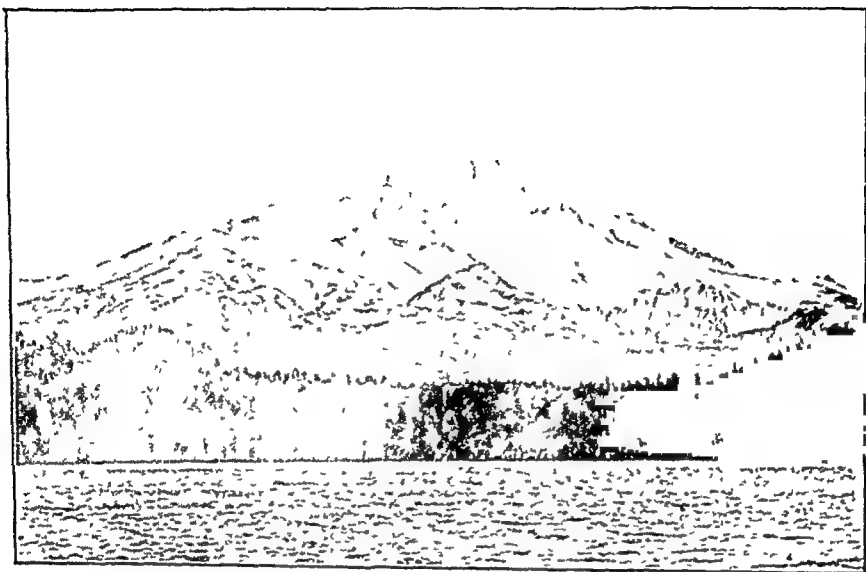


Fig 198

Mt. Hood, a snow-capped mountain (By permission of Lipman, Wolf & Co.)

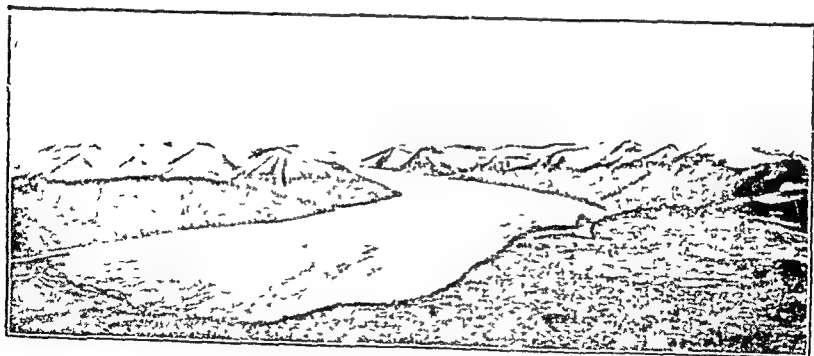


Fig. 199

Snow-fields in the Skolar Range of Alaska Chisana glacier in the foreground. (U S Geological Survey)

यह कोई असम्भव बात नहीं है कि वर्तमान समय में स्थल के ऊपर सम्भवतः चालीस लाख घन किलोमीटर शीन एवं हिम के क्षेत्र सम्मिलित है। यदि हिम की

यह मात्रा पिघलकर समुद्र में वापस लौट जाए तो इसके द्वारा समुद्र का जल-स्तर प्रायः १० मीटर (३० फुट) ऊँचा उठ जाएगा।

शीन-रेखा (Snow-line)—जिस रेखा से ऊपर जाडों की शीन पूर्ण रूप से नहीं पिघलती है उसे शीन-रेखा कहते हैं। वर्ष-प्रतिवर्ष शीन-रेखा न्यूनाधिक इधर-उधर हो सकती है किन्तु यदि ऐतिहासिक दृष्टि से कहा जाए तो किसी निश्चित अवधि में यह रेखा अपेक्षाकृत स्थिर रहती है।

(१) शीन-रेखा की स्थिति पर तापमान का प्रभाव पड़ता है। यह इस सामान्य तथ्य से स्पष्ट है कि निम्नतर (उष्णतर) अक्षांशों में यह रेखा उच्चतर और उच्चतर (शीततर) अक्षांशों में निम्नतर रहती है। किन्तु विभिन्न पर्वतों में, उदाहरणार्थ हिमालय में, शीन-रेखा दक्षिण की अपेक्षा उत्तरी भाग की ओर अत्यधिक ऊँचाई पर रहती है, यद्यपि उत्तरी भाग की अपेक्षा दक्षिणी भाग में तापमान उच्चतर रहता है। अतएव यह स्पष्ट है कि शीन-रेखा की स्थिति में तापमान के अतिरिक्त कोई अन्य तथ्य भी सम्मिलित है।

(२) एक अन्य तत्त्व हिम-पात की मात्रा है। हिमालय के ऊपर बहती हुई दक्षिणी पर्वतों उत्तरी पर्वतों की अपेक्षा अपने साथ कहीं अधिक आर्द्रता लाती है। परिणामस्वरूप, उत्तरी ढालों की अपेक्षा दक्षिणी ढालों पर हिम-पात अति गहनतर होता है। यही बात स्विट्जरलैण्ड के पर्वतों के विषय में भी सत्य है। अतएव शीन-रेखा की स्थिति हिम-पात की मात्रा तथा तापमान दोनों ही द्वारा प्रभावित होती है। पर्वतों (उत्तरी गोलार्द्ध में) के शीततर उत्तरी ढाल पर १५ मीटर शीन, ग्रीष्म के थोड़े-से ही हिम को पिघलाने वाले दिनों में ही विलुप्त हो सकती है जबकि यह भी सम्भव है कि उतने ही मीटर शीन, उष्णतर दक्षिणी ढाल पर उम अवस्था में दीर्घतर द्रवण-काल में भी विलुप्त न हो।

(३) पुनः, शीन वाष्पीकरण एवं द्रवण दोनों ही क्रियाओं द्वारा विनीन होती है और शुष्कता वाष्पीकरण के अनुकूल होती है। अतएव आर्द्र प्रदेश (humid regions) की अपेक्षा किमी शुष्क प्रदेश का शीन-क्षेत्र वाष्पीकरण द्वारा अधिक नष्ट होता है। यदि वायु शुष्क है तो पवन वाष्पीकरण को बढ़ा देती है।

(४) स्थलाकृतिक सम्बन्ध (topographic relations) भी किमी स्थान पर शीन-रेखा की स्थिति को प्रभावित करते हैं क्योंकि कुछ विशेष परिस्थितियाँ शीन के एकत्रीकरण के अनुकूल होती हैं और उसे सूर्य में सुरक्षित रखती हैं।

(१) तापमान और (२) हिमपात की मात्रा वे प्रमुख कारक हैं जो शीन-रेखा की स्थिति को निश्चित करते हैं, तथा (३) आर्द्रता (अथवा शुष्कता) और (४) स्थलाकृतिक सम्बन्ध शीन का एक कारक हैं। चूँकि ये विभिन्न कारक स्थान-स्थान पर बदलते रहते हैं, अतः किमी अक्षांश में कोई विशेष ऊँचाई स्थायी शीन के अस्तित्व के लिए आवश्यक निर्धारित नहीं की जा सकती है।

निम्न तालिका कुछ स्थानों पर शीन-रेखा की स्थिति को प्रकट करती है :

बोलिविया के एण्डीज	पश्चिमी भाग भूमध्यरेखा के निकट	लगभग ५,५५० मी० (१८,५०० फु०)
बोलिविया के एण्डीज	पूर्वी भाग भूमध्यरेखा के निकट	„ ४,८०० मी० (१६,००० फु०)
चिली के एण्डीज	३३° द० अक्षांश	„ ३,८४० मी० (१२,८०० फु०)
मैक्सिको टेनेरीफ	४,४४० मी० (१४,८०० फु०)	„ ४,४४० मी० (१४,८०० फु०)
(Teneriffe)	३३° उ० अक्षांश	„ ३,६०० मी० (१३,००० फु०)
हिमालय	उत्तरी भाग प्राय २८° उ० अक्षांश	„ ५,०१० मी० (१६,७०० फु०)
हिमालय	दक्षिणी भाग प्राय २८° उ० अक्षांश	„ ३,६०० मी० (१३,००० फु०)
काकेशस पर्वत	४०° + उ० अक्षांश	„ २,४६० मी० से ४,२०० मी० तक (८,३०० से १४,००० फु०)
पिरेनीज पर्वत	४०° + उ० अक्षांश	„ १,६५० मी० (६,५०० फु०)
आल्प्स	प्राय ४६½° उ० अक्षांश	„ २,७०० मी० (८,००० फु०)
नार्वे	१,५०० मी० (५,००० फु०)	„ १,५०० मी० (५,००० फु०)
लैपलैण्ड	७०° उ० अक्षांश	„ ६०० मी० (३,००० फु०)
अलास्का	१,६५० मी० (५,५०० फु०)	„ १,६५० मी० (५,५०० फु०)
ग्रीनलैण्ड	६०°—७०° उ० अक्षांश	„ ६६० मी० (२,२०० फु०)

हिम-क्षेत्र (Ice-fields)—प्रत्येक उल्लेखनीय शीन-क्षेत्र एक हिम-क्षेत्र भी होता है। कारण यह है कि जहाँ शीन अधिक गहराई तक एकत्र होती है और बहुत दिनों तक तल पर पड़ी रहती है, वहाँ उसका अधिकतर भाग हिम में परिवर्तित हो जाता है। इस परिवर्तन का आरम्भ उस शीन में देखा जा सकता है जो कुछ दिनों तक तल पर पड़ी रही है। (कालान्तर में) उसकी परतों का गुण नष्ट हो जाता है और वह स्थूल-दानेदार (coarse-grained) हो जाती है, अतः वह छूने में कठोर ज्ञात होती है। वसन्त ऋतु में शीन के अन्तिम तटों पर यह परिवर्तन और भी अधिक स्पष्ट होता है। ऐसे तटों की शीन, स्थूल दानों की बनी होती है जो प्रायः पर्याप्त बड़े आकार के होते हैं। परतों के दानों में परिवर्तन की विधि का कुछ कारण तो यह है कि तल की शीन पिघल जाती है और जल तल के नीचे डूबकर पुनः जम जाता है, किन्तु यह परिवर्तन उन स्थानों पर भी होता हुआ दिखाई पड़ता है जहाँ शीन का द्रवीकरण नहीं होता है, अतः सम्भवतः द्रवीकरण एवं पुनः हिमीकरण केवल परिवर्तन क्रिया के ही अंग ज्ञात होते हैं।

जब यह रूपान्तर होता रहता है तो शीन अधिक संहत (compact) हो जाती है। जब वह तल पर पड़ी रहती है तो उसका स्वयं का बोझ उसका सपीडन (compression) करता रहता है। नीचे प्रवेश करने वाला जल, जो तल के नीचे पुनः जम जाता है, दानों को परस्पर बाँधने का कार्य करता है और दबाव के फल-स्वरूप परतों (flakes) के दानों में रूपान्तर के कारण तथा परस्पर दानों के बीच

जल के हिमीकरण द्वारा उनके एक साथ बँध जाने के कारण, वह सम्पूर्ण हिम-राशि ठोस बन जाती है। यह निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता है कि शीन को हिम में परिवर्तित हो जाने के लिए उसे (शीन) कितना ठोस और निविड़ (dense) हो जाना पड़ता है। परन्तु प्रत्येक विशाल शीन-क्षेत्र वास्तव में एक हिम-क्षेत्र होता है, जो थोड़ी-सी शीन की चादर से आच्छादित रहता है। वसन्त ऋतु के अन्तिम शीन-तट (snow-banks) वास्तव में हिम के बने होते हैं।

हिमनदियाँ (Glaciers)

जब शीन से विकसित हुई हिम-राशि पर्याप्त बड़ी हो जाती है तो वह अपने संचय-स्थान से फैलने अथवा बाहर की ओर रेंगने लग जाती है। इस प्रकार चलती हुई हिम, हिम नदी की हिम बन जाती है। समस्त शीन-क्षेत्र हिमनदियों के उद्भव



Fig. 200

Summit of the Nizina-Tanana glacier, Alaska.
(Rohm, U. S. Geological Survey)

नहीं होते हैं, परन्तु प्रायः सभी हिमनदियों की उत्पत्ति शीन-क्षेत्रों में ही होती है। अतः हिमनदियों का वितरण प्रायः वही है जैसा कि शीन-क्षेत्रों का है।

हिमनदियों के प्रकार (Types of glaciers)—हिमनदियाँ विभिन्न स्वरूप धारण करती हैं। यह स्वरूप विशेषतः हिम की मात्रा और उस तल की बनावट पर निर्भर है जहाँ हिम जमती है। यदि इन नदियों का उत्पन्नकर्ता शीन-क्षेत्र किसी पर्वतीय ढाल पर स्थित है तो हिम ढाल से नीचे की ओर खिसकती है; और यदि शीन-क्षेत्र के क्षेत्रफल में कोई घाटी बाहर की ओर निकलती है तो हिम का प्रमुख संचार घाटी में केन्द्रित होता है। यदि हिम किसी सपाट तल पर स्थित है तो हिम अपने केन्द्र में चारों ओर फैलती है।

जो हिमनदियाँ घाटियों में स्थित होती हैं उन्हें घाटी की हिमनदी (valley glacier) कहते हैं। सामान्य बोलचाल की भाषा में हिमनदी का तात्पर्य साधारणतया घाटी की हिमनदी में ही होता है। समस्त घाटी की हिमनदियों को कभी-

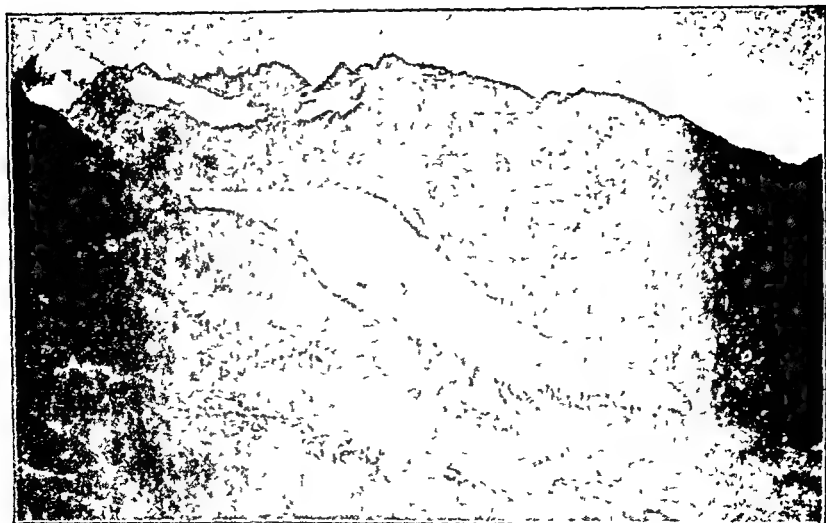


Fig 201
The Rhone glacier. (*Photo by Reid*)

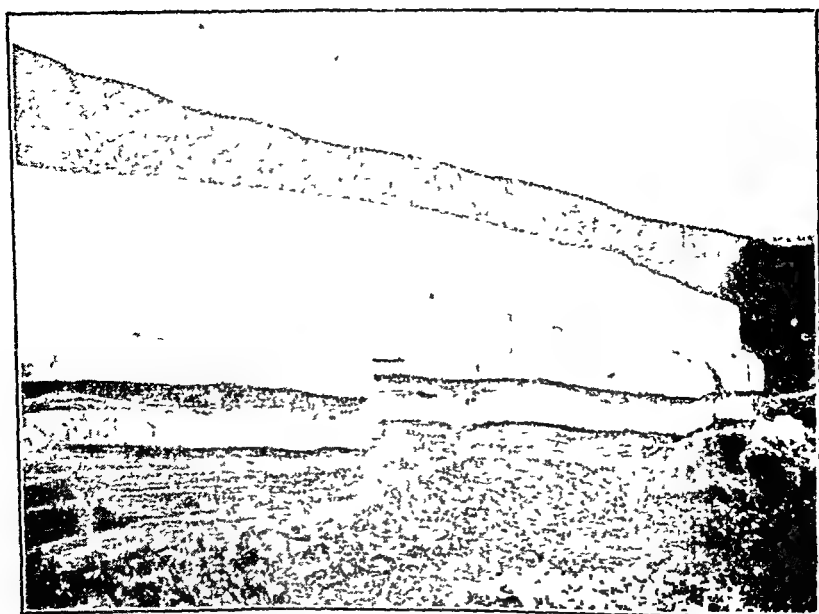


Fig. 202
The end of the Bryant glacier, a high-latitude glacier of North Greenland. (*Photo by Chamberlin*)

कभी आल्पीय हिमनदियाँ (alpine glaciers) कहते हैं, क्योंकि वे उसी सामान्य वर्ग में हैं जिसमें आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ हैं; परन्तु उच्च अक्षांशों की घाटी की हिमनदियाँ आल्पस की घाटी की हिमनदियों से कुछ बानों में भिन्न होती हैं। यह विशेषता अधिक प्रपाती पार्श्वों और किनारों के कारण उत्पन्न होती है। इस कारण घाटी की हिमनदियों के एक प्रकार को आल्पीय (Alpine) (चित्र २०१), तथा द्वितीय प्रकार को उच्च अक्षांशीय हिमनदियाँ (चित्र २०२) कहते हैं।

उच्च अक्षांशों में हिमनदी की हिम किसी मैदान अथवा पठार पर एकत्रित होती है। ऐसी अवस्थाओं में हिमनदियाँ आकार-प्रकार में प्रायः वृत्ताकार हो सकती हैं और वे अपने केंद्रों से चारों ओर को विस्तृत हो सकती हैं। इस प्रकार की हिमनदियों को हिम-टोपी (ice-caps) अथवा हिम-आवरण (ice-sheets) कहते हैं। कुछ हिम-टोपियाँ बड़ी होती हैं और कुछ छोटी। अण्टार्क्टिका एवं ग्रीनलैण्ड की प्रमुख हिम-टोपियाँ बड़ी हैं, परन्तु उनी प्रकार की छोटी हिम-टोपियाँ ग्रीनलैण्ड के तट की विभिन्न ऊँचाइयों पर, आइसलैण्ड में (चित्र २०३) और आर्कटिक द्वीपों पर मिलती हैं।



Fig. 203

A small ice-cap in the north-western part of Iceland. (After Thoradsson)

किन्हीं-किन्हीं पर्वतों के तलों पर घाटी की हिमनदियों के प्रवाह फैलकर मिल जाते हैं और उनके मिलने से हिमनदियाँ बन जाती हैं। इस प्रकार की हिमनदियों को दोड़माष्ट हिमनदिया अथवा पर्वतों के ग्रान्तों की हिमनदियाँ कहते हैं (चित्र २३१)। इनके अनिवार्य अनेक ग्रीन-अथ पर्वतीय उन्ग्रान्तों (mountain cliffs) के गड्ढों में स्थित होने से और वे छोटी हिमनदियों को जन्म देने हैं। ऐसी हिमनदियाँ कभी भी घाटी में नहीं उतर पाती हैं। इस प्रकार की दोषपूर्ण विधि से बना हुई कम विकसित हिमनदियाँ उन्ग्रानी हिमनदियाँ (cliff glaciers) कहलाती हैं (चित्र २०४)। उन्ग्रानी हिमनदिया घाटी की हिमनदियों के ही वर्ग की होती

जाती है और कुछ दरारो अथवा हिम-दरारो (crevasses) का मुँह खुला रहता है। हिम-दरारो का एक प्रधान कारण यह होता है कि किसी असमान स्तर के ऊपर सहज ही में टूट जाने वाली हिम की गति होती है (चित्र २०७)। जहाँ किसी हिम-नदी के तल का ढाल अकस्मात् बढ़ता है वहाँ हिम-प्रपातिका (ice-cascade) बन जाती है (चित्र २०१ और २०८), किन्तु एक हिम-प्रपातिका तथा नदियों के प्रपातों अथवा झरनों में कोई समानता नहीं होती है। तल के किसी प्रपाती स्थान के ऊपर

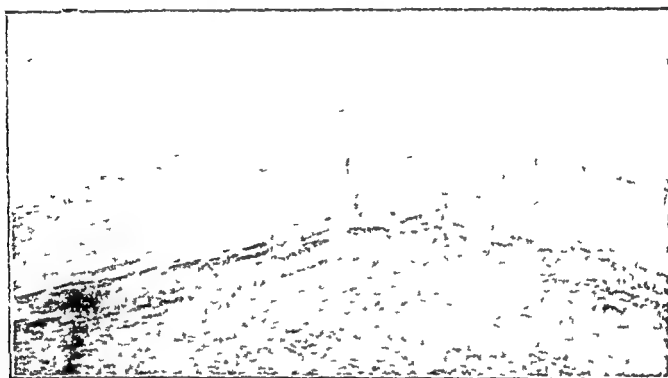


Fig. 207

Crevassed glacier, the cracking due to change of bed North Greenland

से हिम के चलने द्वारा उत्पन्न हिम-दरारे नियमित रूप से हिमनदी से तिरछी अथवा अनुप्रस्थ (transverse) होती है और कुछ उससे तिर्यक (oblique) भी। इस प्रकार की हिम-दरारे अन्य कारणों से भी होती है। चलती हुई हिम का टूटना उन अनेक विशेषताओं में से एक है जो एक हिमनदी को एक नदी से भिन्न सिद्ध करता है।

जैसे-जैसे हिम और आगे को बढ़ती जाती है वैसे ही वैसे जल की दरारे

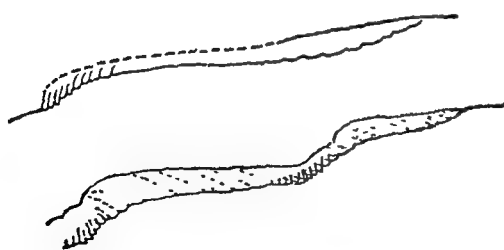


Fig 208

Diagrammatic longitudinal sections of glaciers. (After Heim)

स्वाभाविक रूप से बन्द होती जाती है, किन्तु वे इस प्रकार से शायद ही कभी जुड़ पाती हैं कि उनका ऊपरी तल चिकना हो जाए। जब तक कोई दरार खुली रहती है तब तक उसमें सूर्य की किरणें और सूर्य से गरम की हुई वायु प्रवेश करती रहती है और वे हिम को पिघला देती हैं। पिघलने से, विशेषकर ऊपरी भाग में, जल की

दरारे चौड़ी हो जाती है। परिणाम यह होता है कि जब चलने की क्रिया जल-दरारों को बन्द करने का प्रयास करती है तो विपरीत सिरे आपस में कभी ही ठीक-ठीक

रूप से मिल पाते हैं। इसे चित्र २१० द्वारा स्पष्ट किया गया है। जल की दरारों का फटना और तदनन्तर द्रवीकरण होना (melting) हिम-तल की विपमता के कारण है।

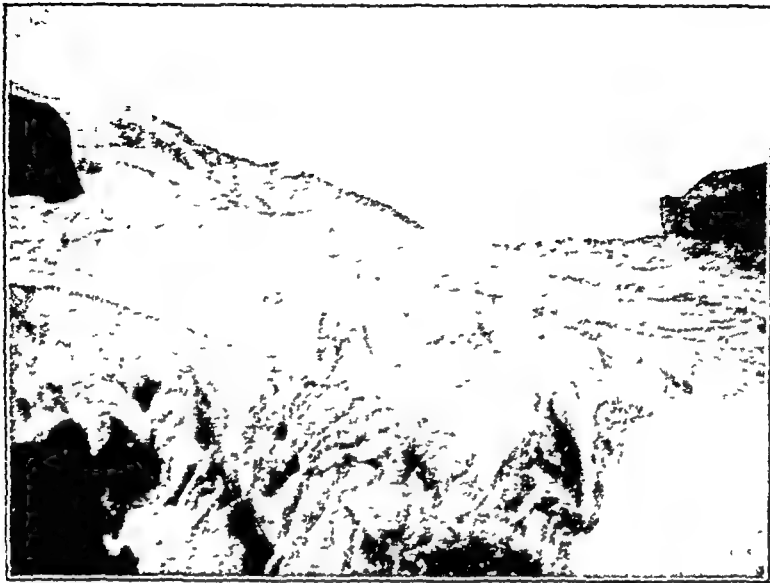


Fig. 209

Crevassing in the upper part of a glacier on Mt. Hood, Ore.
(Meyers)

तल की विपमताओं का अन्य कारण तल से जल का निकास (drainage) भी है। अनेक घाटी की हिमनदियाँ शीत-रेखा (snow-line) से पर्याप्त दूर नीचे तक फैली हुई हैं, और उनके निचले सिरे ग्रीष्म ऋतु में सक्रिय द्रवीकरण (active melting) के प्रदेश में पड़ते हैं। तल के जल का कुछ भाग तल के नीचे प्रवेश कर जाता है, परन्तु जल का कुछ भाग छोटी नदियों के रूप में तब तक हिम पर बहने लगता है जब तक कि वह किसी हिम-दरार अथवा हिमनदी के छोर पर न पहुँच जाए। तल की ये लघु मग्नियाँ (streams) हिम में उल्लेखनीय जलमार्ग (घाटियाँ) काट लेती हैं (चित्र २१२), वे यद्यपि कम ही गहरी होती हैं, फिर भी तल को असमान बनाने में सहायता करती हैं।

अनेक घाटी की हिमनदियाँ जो पथरीला और मिट्टी सहित मलबा (stony and earthy debris) अपने तलों पर लादकर चलती हैं, वह भी विपमता को उत्पन्न करता है। बड़े-बड़े पत्थर के

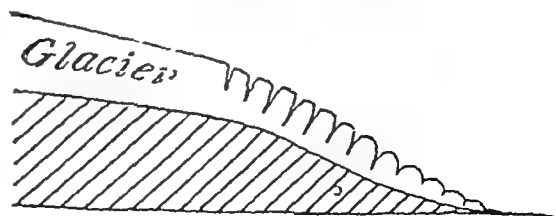


Fig 210

Diagram to illustrate one reason why ice crevasses fail to heal as explained in text.

टुकड़े अपने नीचे की हिम को पिघलने से सुरक्षित रखते हैं और इस कारण, जब उनके आसपास की असुरक्षित हिम पिघल जाती है, तो वे हिम के आधारों पर स्थित



Fig 211
Seracs of glaciers. (Photo by Reid)

हो जाते हैं। किसी प्रकार के मलबे का पर्याप्त समूह यही प्रभाव रखता है, और इसी प्रकार से उन हिम के टीलो (mounds) अथवा हिम-कटकों (ice-ridges) को

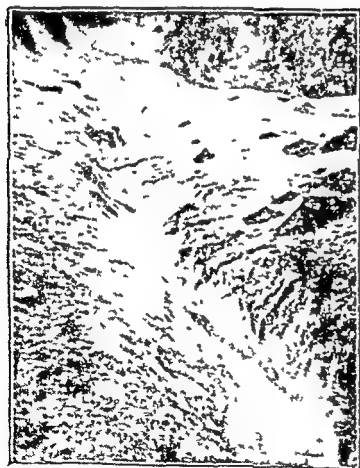
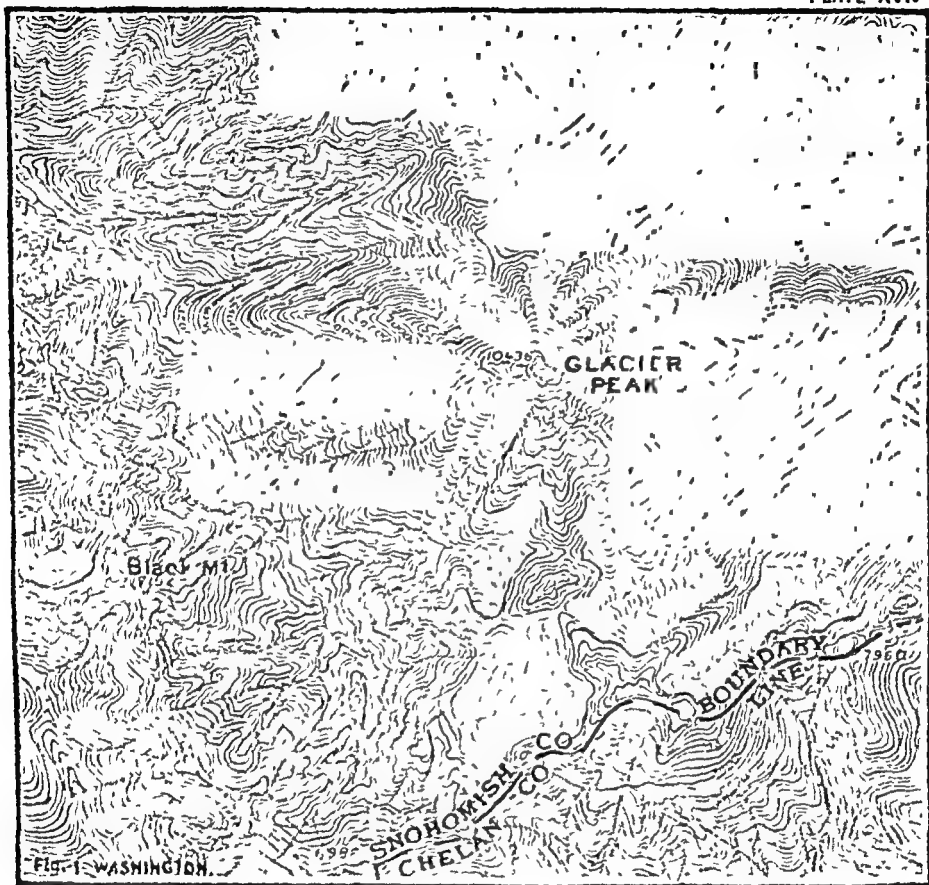


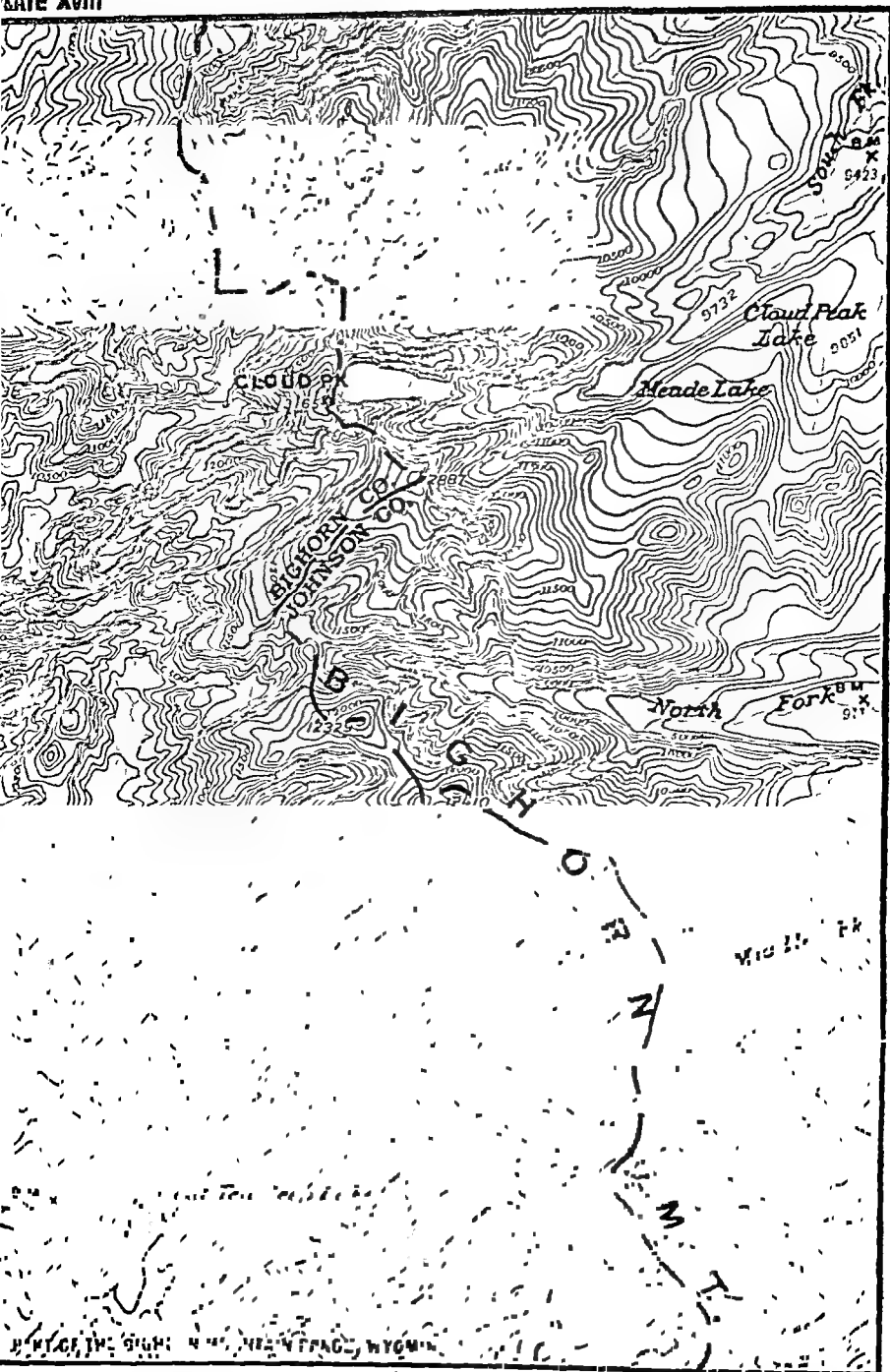
Fig 212
Valley of a superglacial
stream in the Bighorn Mts
(Photo by Blackwelder)

जन्म देता है जो मलबों से ढके रहते हैं (चित्र २१३)। हिम के तल पर पड़े हुए अत्यन्त छोटे-छोटे अथवा पतले-पतले पत्थर उसकी स्थलाकृति (topography) को विपरीत ढंग से प्रभावित करते हैं। हिम की अपेक्षा चट्टान गरमी को अधिक मात्रा में विलीन करती है और चट्टान के पतले टुकड़े सरलता से ही पूर्ण रूप में गरम हो जाते हैं। ऐसी स्थिति में वे टुकड़े हिम के भीतर अपने मार्ग को अधिक शीघ्रता से पिघला सकते हैं और इस प्रकार से वे हिम में गर्त बना देते हैं। आसपास के तल की हिम को पिघलाने की यह क्रिया सूर्य द्वारा पिघलाने की अपेक्षा अधिक शीघ्र होती है। हिम के ऊपर धूल के खण्डों के बहने का भी यही परिणाम

होता है। धूल द्वारा जिन गर्तों की उत्पत्ति होती है उन्हें 'धूल-कूप' (dust-wells) कहते हैं (चित्र २१५)। किसी-किसी स्थान पर ये धूल-कूप इतने पास-पास होते हैं कि हिम पर चलने वाले को अपने कदम रखने में पर्याप्त सावधान रहना पड़ता है। उन कूपों की गहराई उनके अपने व्यास और सूर्य की किरणों के कोण पर निर्भर



Glaciers on Glacier Peak, Washington. Scale 2— miles per inch. Con-
tour interval 100 feet. (Glacier Peak Sheet, U. S Geol Surv.)



A portion of the Bighorn Mountains, showing glaciated valleys, the heads of which are in many cases cirques. Scale 2—miles per inch. Contour interval 100 feet. Cloud Peak, Wyo., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

होती है (चित्र २१६) । उनके नितल उम स्तर से नीचे नहीं उतरते जिस पर सूर्य की किरणें उनमें स्थित उष्णता को विलीन करने वाले तलछट पर पड़ती हैं । किसी ऐसे उष्ण दिन के अन्त में जिस दिन तापमान द्रवणांक पर होता है, धूल-कूप साधारण-

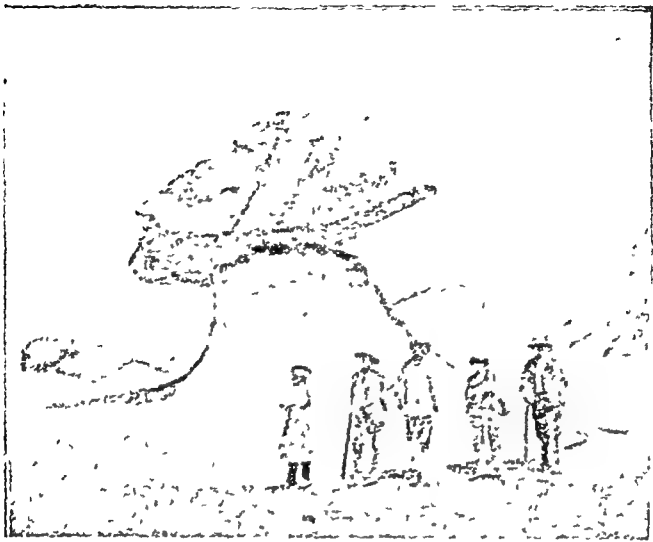


Fig. 213

A very high ice column on the Biafo glacier, Himalaya Mts., at an altitude of about 3,600 metres. The column is more than 36 metres high. (Workman, *Geological Journal* XXXV, 1910)

तथा जल में भर जाते हैं, किन्तु रात्रि में यह जल प्रायः निकल जाता है । जल का यह निकास मिद्ध करता है कि हिमनदी की हिम सामान्यतः अत्यन्त चुचाने वाली होती है । कभी-कभी धूल-कूपों में मिलते-जुलते और उभी प्रकार में ही उत्पन्न गड्ढे (गर्त) उम शीत के गठीले तल पर उत्पन्न हो जाते हैं जो कुछ समय तक भूमि पर पड़ी रहती हैं ।

गतिविधि (Movements)

हिम का क्षय और संप्राप्ति (Waste and supply of ice)—हिम-

नदी की हिम निरन्तर क्षय होती रहती है । यह क्षय विशेषकर ग्रीष्म ऋतु में तल पर पड़ी हिम के पिघलने में होता है, कुछ क्षय तल के नीचे के पिघलाव के कारण होता है क्योंकि अधिकांश हिमनदियों की अधिकांश हिम पर्याप्त समय तक द्रवणांक तापमान पर रहती हैं, तथा कुछ क्षय वाष्पीकरण द्वारा होता है ।

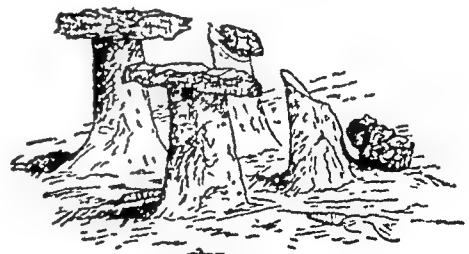


Fig. 214

Ice columns capped by slabs of rock, on Parker Creek Glacier, California. (U. S. Geological Survey)

यह सही है कि हिमनदियों में, विशेषकर ग्रीष्म ऋतुओं में, और उनके निचले सिरो पर क्षय (waste) पर्याप्त तेजी से होता रहता है, किन्तु फिर भी वे बहुत लम्बे समय तक आकार में प्रायः स्थिर रह सकती हैं। इससे यह मिथ्य होता है कि इस क्षय की पूर्ति करने के लिए कोई न कोई पूर्ति-स्रोत (source of supply) अवश्य ही होना चाहिए। शीत-क्षेत्र ही इस पूर्ति के स्रोत होते हैं। उन क्षेत्रों से हिम नीचे की ओर खिसकती रहती है और घाटियों में तब तक बढ़ती रहती है जब तक कि वह एक ऐसी ऊँचाई तक न पहुँच जाए जो इतनी नीची और इतनी ओष्ण (warm—गरम) हो कि क्षय (मुख्यतः पिघलने की क्रिया अथवा द्रावण) आगे की गति को सन्तुलित कर दे।

इस गतिविधि की सत्यता का अनुमान पहली बार यह देखने के पश्चात् हुआ कि (१) हिमनदियों के सिरे जो पहले घाटियों में ऊपर की ओर थे, कभी-कभी घाटियों के कुछ नीचे तक पहुँच गये, और (२) हिमनदियों के सिरो पर पड़े पहचान में आये हुए पदार्थ उलट दिये गये और हिम द्वारा आगे की ओर ढकेल दिये गये।

संचलन की गति (Rate of movement)—संचलन के तथ्य के एक बार स्थापित हो जाने के बाद उसकी गति को नापने के लिए विभिन्न साधनों पर विचार



Fig. 215

Dust-wells, North Greenland The wells are a few centimetres in diameter. (Photo by Chamberlin)

किया गया। एक सीधी पक्ति में खूंटों (stakes) की पक्तियाँ लगायी गयीं और घाटी के किनारों पर अचल बिन्दुओं के अनुसार उनकी स्थितियों पर चिह्न लगा दिये गये। कुछ समय के बाद यह पाया गया कि वे खूंटें घाटी में नीचे की ओर चले गये हैं। अधिकांश अवस्थाओं में ऐसा ज्ञात होता है कि हिमनदी के मध्य भाग के खूंटें

अन्य भागों के खूंटों की अपेक्षा अधिक ग्रीष्मता से आगे बढ़े हैं, जैसा कि चित्र २१७ में दिखाया गया है।

इस तथा अन्य विधियों द्वारा अनेक हिमनदियों के संचलन की गति निर्धारित हो चुकी है। इस गति का विस्तार एक ऐसी छोटी मात्रा जिसकी माप कठिनाई से ही हो सकती है, में लेकर कई मीटर प्रतिदिन तक होता है। उत्तरी ग्रीनलैण्ड में एक अति विशाल हिमनदी के बारे में अनुमान है कि वह प्रतिदिन ३० मीटर (१०० फुट) तक चलती है, परन्तु यह निश्चय ही अन्य किसी अधिक परिचित तथा अधिक प्रसिद्ध हिमनदी की गति से अत्यधिक है। अन्य हिमनदियों में कुछ ही ऐसी हैं जिनकी गति $\frac{1}{2}$ मीटर (लगभग $1\frac{1}{2}$ फुट) प्रतिदिन से अधिक हो; कुछ की गति तो इससे भी कम होती है।

संचलन की गति को प्रभावित करने वाली परिस्थितियाँ (Conditions affecting rate of movement)—हिमनदी के चलने की गति प्रधानतया निम्न-लिखित बातों पर निर्भर जात होती है।

- (१) चलती हुई (संचलन करती हुई) हिम की मोटाई;
- (२) जिस तल पर हिम संचलन करता है उसका ढाल;
- (३) हिम के ऊपरी तल का ढाल;
- (४) हिमनदी के तल (bed) की स्थलाकृति (topography),
- (५) तापमान;

(६) हिम में उपस्थित जल की मात्रा, जो जल इस पर गिरता है तथा जो इसके पिघलने (द्रावण) से उत्पन्न होता है दोनों को सम्मिलित करने हुए; और

(७) हिम जिस भार को, विशेषकर अपने निचले में, वहन करती (होती) है उसकी मात्रा।

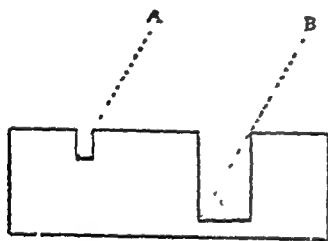


Fig. 216

Diagram to illustrate the fact that wells of larger diameter may be deeper than those of smaller diameter. The slanting lines represent the direction of the sun's rays when the sun is highest.

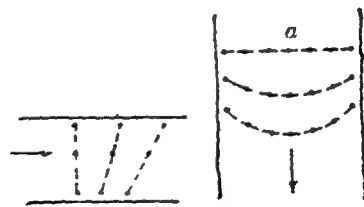


Fig. 217

Diagram illustrating certain features of glacier motion. The figure at the left represents a vertical longitudinal section, and the top as moving faster than the bottom. The figure at the right represents a part of the surface, and the central part as moving faster than the sides.

अधिक मोटाई, प्रपाती ढाल, स्तर की चिकनाई, उच्च तापमान (हिम के लिए) और अधिक जल तीव्र गति के लिए अनुकूल होते हैं। किन्तु इनमें से कुछ परिस्थितियाँ—मुख्यतः तापमान और जल की मात्रा—ऋतु के साथ बदलती रहती हैं, अतएव किसी निश्चित हिमनदी के संचलन की गति वर्ष भर स्थायी नहीं रहती है और साधारणतया वह ग्रीष्म में जाड़ों की अपेक्षा अधिक रहती है। अन्य परिस्थितियाँ, विशेषतः उपरोक्त प्रथम परिस्थिति, अधिक लम्बे समय में बदलती हैं, फलतः, संचलन की गति में परिवर्तन (variations) उत्पन्न करती हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अभ्यास ११ देखिए।

हिमनदी की गति (संचलन) का स्वरूप (Nature of glacier movement)—हिमनदी के संचलन के बारे में पर्याप्त विचार हो चुका है किन्तु इसके स्वरूप के बारे में कोई अन्तिम मत निश्चित होता हुआ ज्ञात नहीं होता। यह एक तथ्य है कि हिम किसी घाटी में नीचे की ओर को चला करती है। यह क्रिया कुछ-

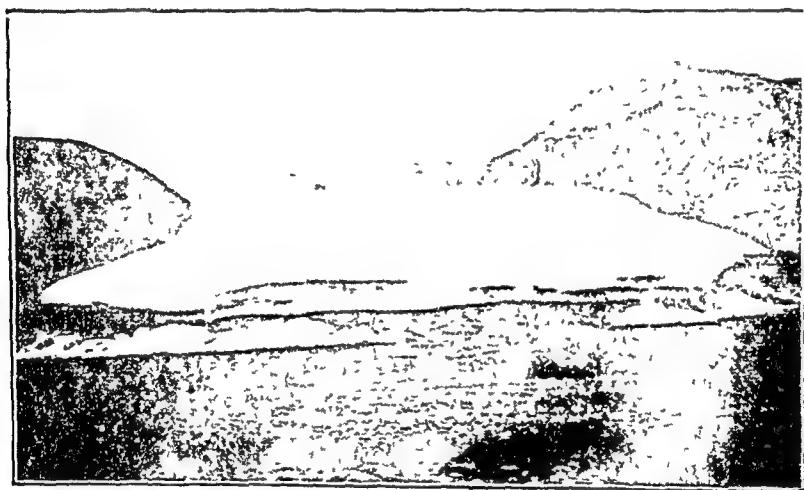


Fig 218

The spreading end of a glacier, North Greenland

कुछ उस क्रिया से मिलती-जुलती है जो एक नदी अपनी घाटी के साथ करती है। यह विचार किया गया है कि हिमनदी एक कठोर द्रव के समान बहती है। आरम्भ में इस विचार को इस घटना द्वारा समर्थन प्राप्त होता हुआ ज्ञात हुआ कि जब कोई हिमनदी किसी पहाड़ी की घाटी से चलकर उसके आगे के मैदान में पहुँचती है तो वह कुछ-कुछ उसी प्रकार सामान्यतया फैल जाती है (चित्र २१८) जिस प्रकार कोई कठोर द्रव फैलता है। किन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि फैलता हुआ अथवा विस्तारित सिरा चटककर फट जाता है। हिमनदी के चलने (संचलन) की इस व्याख्या के अधिक समर्थन में हिम पर विभिन्न प्रयोग किये गये हैं। वे यह प्रकट करते हैं कि हिम की एक छड़ को प्रायः किसी भी इच्छित आकार में उसी समय मोड़ा

अथवा माँचे में डाला जा सकता है कि उस पर पर्याप्त दबाव बहुत धीरे-धीरे पर्याप्त लम्बे समय तक डाला जाए।

परन्तु हिम की लिम्बाई के सकने वाली चाल और इस तथ्य के होते हुए भी कि अनेक प्रकार से इसका संचलन किसी कठोर द्रव के संचलन के समान ही जाना होता है, यह सन्देहपूर्ण है कि हिम का संचलन बहने (प्रवाह) की अनेक गतियों में से एक है जैसा कि मावागणतया उम शब्द (प्रवाह) में समझा जाता है। यह कहा गया है कि हिमनदी की हिम तल की विषमताओं के ऊपर से चलने समय तथा अन्य कुछ परिस्थितियों में चटककर फट जाती है। चटककर फटना बहने वाले (प्रवाही) पदार्थों की विशेषता नहीं होती है। उच्च

अक्षांशों की अनेक हिमनदियाँ उन घाटियों के किनारों तक फैली हुई नहीं होती जिनमें कि वे स्थित होती हैं (चित्र २१६ और २२०)। कुछ



Fig. 219

Diagram to show relations of a high-latitude glacier to its valley walls.

ऐसी हिमनदियाँ लिम्बाई में हिम-दगनों से पूर्ण हैं, और कुछ हिम-दगनों की लिम्बाई भी बहुत है। अतएव यदि हिम प्रवाहित होनी है तो यह मानना चाहिए कि वह तब तक प्रवाहित होगी जब तक कि वह चटककर फट न जाए। यह स्पष्ट नहीं है कि चाहे जितना ग्यान तरल (viscous) द्रव ऐसी क्रिया करेगा ही। ये तथा अन्य विचार इस दृष्टिकोण को लाये हैं कि हिमनदी के संचलन और एक कठोर द्रव के संचलन के बीच की समानता अन्य की अपेक्षा काल्पनिक अधिक है।

यह सम्भव है कि हिमनदी के संचलन का मूल तत्त्व उसके पदार्थ के पिघलने की क्रिया और फिर से दुबारा हिम बनने की क्रिया में ही निहित है। यह विधि अन्यन्न जटिल है; यद्यपि यहाँ उसका विग्लेपण विस्तार के साथ नहीं हो सकता है तथापि उसके कुछ तत्त्वों का उल्लेख तो किया ही जा सकता है।

जब हिमनदी के ऊपरी तल में पानी उसमें नीचे की ओर प्रवेश करता है और बहा जाकर जम जाता है तो वह फैलता है और जहाँ पर पानी हिम के रूप में बदलता है वहाँ की हिम पर पर्याप्त दबाव पड़ा करता है। जमता हुआ जल बल लगाने की जो शक्ति उत्पन्न करता है उसका उदाहरण इस परिचित घटना में मिलता है कि जब जल उनके भीतर जमता है तो बहुत शक्तिशाली जहाज भी टूट जाते हैं। जो जल हिमनदी के नीचे पहुँचता है उसके जम जाने की क्रिया (हिमीकरण) अवश्य ही संचलन उत्पन्न करेगी, और यह संचलन प्रधानतया घाटी के नीचे की ओर ही होना चाहिए, क्योंकि इस ओर मुख्य संचलन का सहायक होता है, जबकि वह विपरीत दिशा में बाधक होता है। इसके अनिश्चित भी, जल फिर से दुबारा हिम का रूप धारण करने से पहले संचलन करता है तो यह संचलन मदा ही नीचे की ओर होता है, किन्तु ऐसा केवल हिम की तली की ओर ही नहीं होना बल्कि सामान्यतः घाटी के निचले सिरे की ओर भी होना है। अतएव जल का प्रवाह हिम-

नदी की हिम का स्थानान्तरण करने एवं उसको घाटी के नीचे की ओर लाने का भी एक उपाय है।

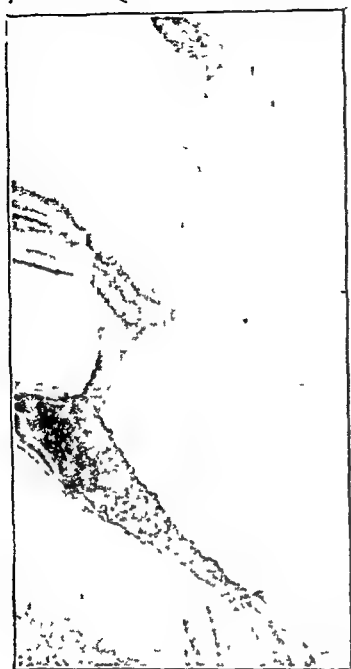


Fig 220

Part of the vertical side of a North Greenland glacier. Some of the vertical, or even overhanging, faces are more than 30 metres high

गति से चलती है और नीचे के उस भाग पर जो मलवा से बोझिल होता है, आगे की ओर धकेली अथवा काटी जा सकती है (चित्र २२१)। संचलन का यह स्वरूप सम्भवतः अत्यधिक सामान्य होता है और पहले के अनुमान की अपेक्षा अत्यधिक महत्वपूर्ण है। उच्च अक्षांशों की हिमनदियों में जहाँ ऊर्ध्वाधर किनारे (vertical edges) और सिरे हिम की रचना को देखने का अवसर प्रदान करते हैं, वहाँ पर यह सर्वोत्तम ढंग से देखा जा सकता है। किन्हीं परिस्थितियों में हिमनदी सम्भवतः अपने तल पर सरकती है, परन्तु सरकना किसी हिमनदी के संचलन में प्रधान तत्त्व नहीं माना जाता है।

आकार (Size)—आल्प्स पर्वत में लगभग २,००० हिमनदियाँ हैं। उनमें सबसे लम्बी लगभग १६ किलोमीटर (१० मील) लम्बी है। ४० से कम लगभग ८ किलोमीटर (५ मील) लम्बी है, और अधिक संख्या में ऐसी हैं जिनकी लम्बाई १½ किलोमीटर से कम है। उनमें से कुछ केवल कुछ सौ मीटर चौड़ी हैं और १½ मीटर चौड़ी हिमनदियों की संख्या बहुत ही कम है। उनके निचले सिरो

सूर्य अथवा पृथ्वी की आन्तरिक ऊष्मा के प्रत्यक्ष प्रभावों के अतिरिक्त पिघलने एवं फिर से हिम बनने की क्रियाओं के अन्य कारण भी हैं। ये अन्य कारण स्वयं हिम के संचलन के साथ लगे हुए हैं। अब ऐसा विश्वास किया जाता है कि हिमनदी के संचलन का एक महत्वपूर्ण भाग उस पिघलने की क्रिया द्वारा स्पष्ट किया जाना चाहिए जो संचलन में निहित आन्तरिक दबावों के फलस्वरूप और पिघलने की क्रिया से उत्पन्न जल को फिर से हिम के रूप में बदलने की क्रिया से उत्पन्न होता है। अतएव यह विश्वास किया जाता है कि यद्यपि पूर्णरूप से हिमनदी संचलन किसी श्यान तरल पदार्थ के संचलन से ऊपरी समानता रखता है तथापि वास्तविक संचलन अणु अणु शक्ति में किसी ठोस और अणु हिम में स्थित जल का ही होता है।

किसी हिमनदी के उस निचले भाग का संचलन जो अधिक मलवा ढोता है, उसके भार के कारण अत्यधिक मन्द होता है। सापेक्षतया नितल के ऊपर की स्वच्छ हिम तेज

के अतिरिक्त उनकी मोटाइयाँ गायद ही ज्ञात हैं, किन्तु उनकी अधिकतम मोटाइयाँ किसी उच्चतर माप-क्रम की अपेक्षा बीसियों मीटरों में ही नापी जा सकती हैं।

यूरोप के काकेणस पर्वत और अलास्का में बड़ी-बड़ी आल्पीय (alpine) प्रकार की हिमनदियाँ हैं। अलास्का की सीवार्ड नाम की हिमनदी (Seward Glacier) ८० किलोमीटर (५० मील) से भी अधिक लम्बी है और अपने सबसे कम चौड़े स्थान में ५ किलोमीटर (३ मील) चौड़ी है। संयुक्त राज्य के पश्चिमी पर्वतों की हिमनदियाँ (अलास्का से दक्षिण की ओर) आल्पस पर्वत की लम्बी हिमनदियों की अपेक्षा अधिक



Fig. 221

Shearing planes in ice, well-defined North Greenland

मग्या में छोटी हैं। इनमें से अनेक हिमनदियाँ, वास्तव में, प्रपाती हिमनदियाँ हैं, अथवा घाटी की हिमनदियों और प्रपाती हिमनदियों के बीच की किस्म की हैं।¹

हिमावरण (Ice-Caps)

हिमावरण पर्वतीय घाटियों में स्थित न होकर मैदानों अथवा पठारों पर स्थित रहते हैं। वे आकार में बड़े अथवा छोटे हो सकते हैं। बड़े हिमावरण घाटियों एवं पहाड़ियों को समान रूप में ढक सकते हैं। कभी-कभी, अनि विनाश हिमावरण महाद्वीपीय हिमनदियाँ (continental glaciers) कहलाते हैं। आधुनिक काल में ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्कटिका के हिमावरण ही विनाश परिमाण के हिमावरण हैं।

ग्रीनलैण्ड का क्षेत्रफल विभिन्न अनुमानों के अनुसार १०,२४,००० वर्ग किलोमीटर से १५,३६,००० वर्ग किलोमीटर (४,००,००० वर्गमील से ६,००,००० वर्गमील)

¹ हिमालय पर्वत की अधिकांश हिमनदियाँ ८ किलोमीटर (५ मील) से कम लम्बी हैं किन्तु कुछ ४० किलोमीटर से ५० किलोमीटर (२५ मील से ३० मील) तक लम्बी हैं।

तक बताया गया है और उसके तटों को छोड़कर यह सम्पूर्ण क्षेत्र शीन एवं हिम के विशाल क्षेत्र द्वारा ढका हुआ है (चित्र २२२)। इसके किनारे के समीप कहीं-कहीं पर्वतों के शिखर, शीन-क्षेत्र से ऊपर उठे हुए हैं और यहाँ इसका तल कुछ मलबे को भी ढोता है। किन्तु, इसके किनारे के आसपास को छोड़कर, सम्पूर्ण द्वीप में जहाँ



Fig 222

The ice-cap of Greenland. Only the borders of the island are free of ice

वरण हिम-दरारों से पूर्ण है। परन्तु, आन्तरिक भाग, जहाँ तक ज्ञात है, सापेक्षिक रूप से चिकना एवं न टूटा हुआ है।

एक अर्थ में ग्रीनलैण्ड का हिमावरण सहारा मरुभूमि की भी अपेक्षा अधिक मरुस्थलीय स्वभाव का है क्योंकि यहाँ पर उस मरुस्थल की भी अपेक्षा कम पौधे और जानवर मिलते हैं। इसके तटों के आसपास विभिन्न स्थानों पर छोटे-छोटे लाल-लाल पौधे उगते हैं। यदि उन्हें एक-एक करके अलग-अलग देखा जाए तो वे इतने छोटे हैं कि उन पर सरलता से ध्यान भी नहीं दिया जा सकता है, किन्तु कुछ स्थानों में वे इतनी अधिक संख्या में हैं कि उनके कारण शीन का रंग स्पष्ट रूप से लाल हो

तक ज्ञात है, शीन से ढके हुए हिम के एक विशाल पठार के अतिरिक्त और कुछ भी दिखाई नहीं देता है। तल पर की शीन प्रायः पवन द्वारा वेलन की भाँति लुढ़कती हुई तरंगों में उद्बलित होती रहती है। शीन एवं हिम से ढका हुआ पठार द्वीप के मध्य की ओर क्रमशः ऊँचा उठता जाता है जहाँ वह २,४०० मीटर से लेकर २,७०० मीटर (८,००० से ६,००० फुट) तक की ऊँचाई धारण कर लेता है। हिम की मोटाई ज्ञात नहीं है, किन्तु जहाँ सबसे अधिक मोटाई है वहाँ सम्भवतः यह कुछ सौ मीटर ही मोटी है।

इस विशाल क्षेत्र की हिम क्रमशः बाहर की ओर की ओर मरक रही है। इसके चलने की गति निर्धारित नहीं हुई है और सम्भवतः वह सभी स्थानों पर समान भी नहीं है, परन्तु यह गति अत्यन्त मन्द है, वह कदाचित् प्रति सन्नाह ३ मीटर (लगभग एक फुट) से अधिक नहीं है।

अपने किनारों के समीप यह हिमा-

जाना है जिसे 'सालगीन' (Red snow) कहकर पुकारा जाता है। कभी-कभी छोटे-छोटे जानवर, विशेषकर कृतिपय कीटाणुओं के डिम्ब (larvae), भी इनके किनारों में कुछ दूरी तक पीछे की शीन पर तो पाये ही जाते हैं।

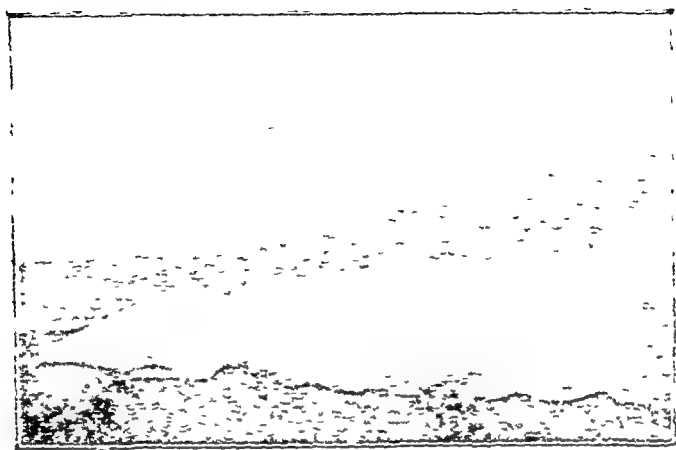


Fig. 223

Edge of the Greenland ice-sheet.

जहाँ पर ग्रीनलैण्ड के हिमावरण का छोर समुद्र-तट से कुछ किलोमीटर भीतर की ओर हटकर स्थित है, वहाँ पर छोर में बाह्य शैल-पठार (rock-plateau)

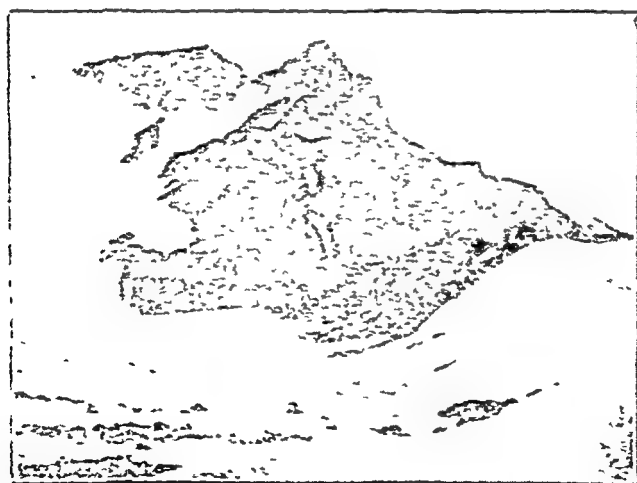


Fig 224

A mountain projecting up through the ice, North Greenland.

अनेक उन घाटियों में युक्त है, जो नीचे समुद्र तक जाती हैं। जहाँ पर हिमावरण का छोर इन घाटियों के शीर्ष तक पहुँचता है वहाँ हिमावरण के छोर से पहले ही इन घाटियों में हिम का मचलन होने लगता है और इस प्रकार से घाटी की हिमनदियों

का निर्माण होता है। अनेक घाटी की हिमनदियाँ नीचे समुद्र में वहाँ तक संचलन करती हैं जहाँ पर उनके सिरे टूट जाते हैं और तैरते हुए हिम-शैल (icebergs) के रूप में समुद्र में बह जाते हैं। इनमें से अनेक हिमनदियाँ किसी भी स्विटजरलैण्ड



Fig 225

A nunatak projecting up through a Greenland glacier.

की हिमनदी की अपेक्षा बहुत अधिक बड़ी है और कुछ अलास्का की विशाल सेवार्ड (Seward) नाम की हिमनदी से भी अधिक बड़ी है। यद्यपि उनकी संख्या अधिक है, तथापि उनमें हिम की सम्पूर्ण मात्रा उस विशाल हिमावरण, जहाँ से ये नदियाँ उत्पन्न होती हैं—की मात्रा की तुलना में नगण्य हैं।

अण्टार्क्टिक का शीन एव हिम आवरण ग्रीनलैण्ड के हिमावरण की अपेक्षा कहीं अधिक विस्तृत है, परन्तु उसके क्षेत्रफल का ठीक-ठीक अनुमान नहीं है (चित्र २३०)। जहाँ तक अभी तक ज्ञात है, यह क्षेत्र कुछ करोड़ वर्ग किलोमीटर के विस्तार में हो सकता है और सम्भवतः इसकी हिम की गहराई ग्रीनलैण्ड की हिम की गहराई से बहुत अधिक है। अनेक उन स्थानों पर हिम समुद्र में उतर आती है जहाँ इसके अति विशाल खण्ड टूट-टूट कर हिम-शैल (iceberg) के रूप में समुद्र में तैरने लगते हैं। यह ज्ञात नहीं है कि क्या यह अण्टार्क्टिक हिमावरण किसी अटूट (continuous) स्थल-खण्ड पर स्थित है, जो यदि हिम से मुक्त हो जाए तो एक महाद्वीप कहा जाएगा अथवा क्या यह अनेक द्वीपों पर स्थित है जो हिम के अभाव में उथले जल द्वारा अलग-अलग हो जाएँगे।¹



Fig. 226

A small glacier descending to the sea, North Greenland.

गिरिपाद अथवा पर्वतप्रान्तीय हिमनदियाँ (Piedmont Glaciers)

अलास्का में अनेक बड़ी आल्पीय (alpine) हिमनदियाँ सेट इलियास (St Elias) नाम की पर्वतश्रेणी की समीपवर्ती घाटियों से निकलकर एक निचले मैदान पर आती हैं जहाँ उनके सिरे फैल जाते हैं और संयुक्त होकर हिम का एक विशाल पठार बनाते हैं जो ११० किलोमीटर (७० मील) लम्बा और ३२ से ४०

¹ अब यह प्रायः एक विशाल महाद्वीप सिद्ध हो चुका है।—अनु०

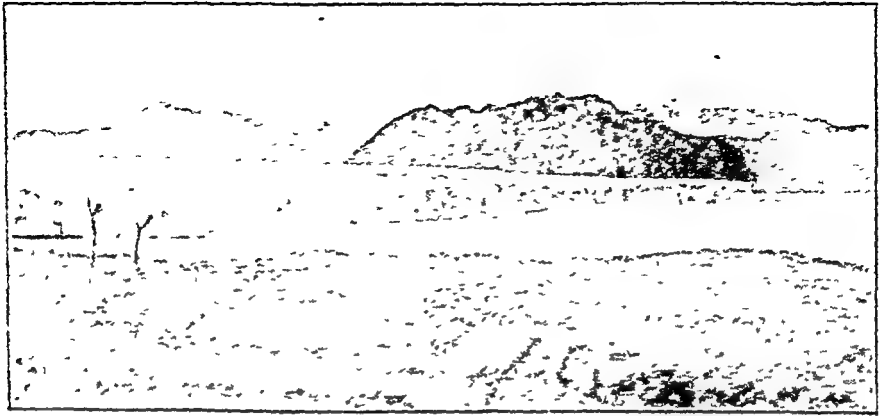


Fig. 227. Front of Miles glacier, Alaska, where it reaches Copper River. (*U. S. Geological Survey*)

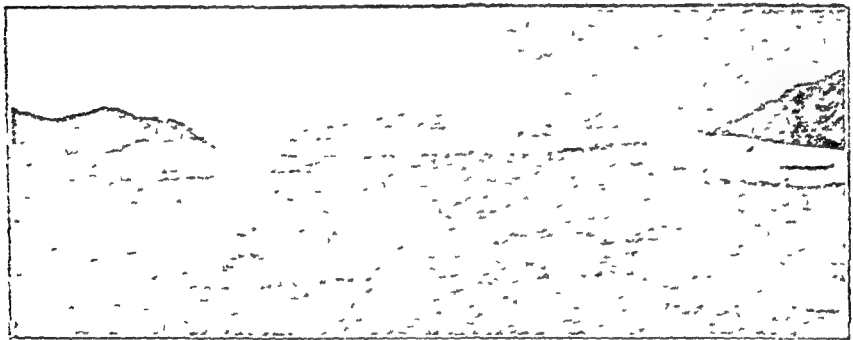


Fig. 228. Glacier and Icebergs.

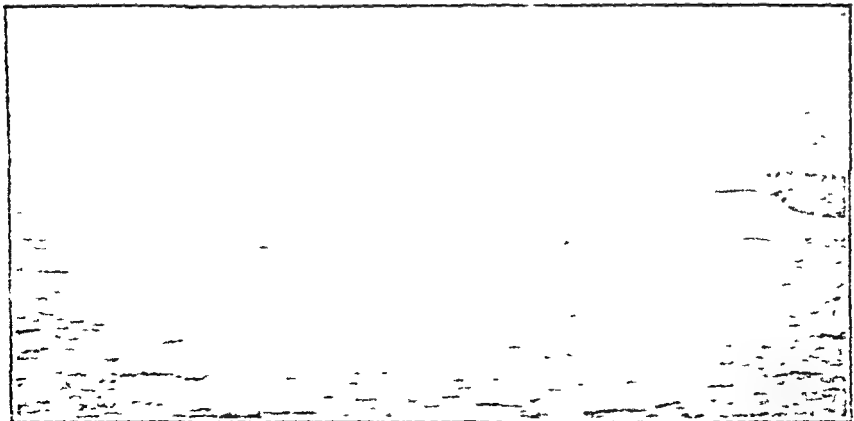


Fig. 229. Iceberg, coast of Greenland.

जहाँ शीन और हिम, स्तरीय-शिला (bed-rock) के उभरे हुए खण्डों के आसपास एकत्रित होती है, वहाँ हिम चलते समय स्तर को तोड़ने का प्रयास करती है। यदि वे इतने मजबूत होते हैं कि उनके शरीर को नहीं तोड़ा जा सकता है, तो

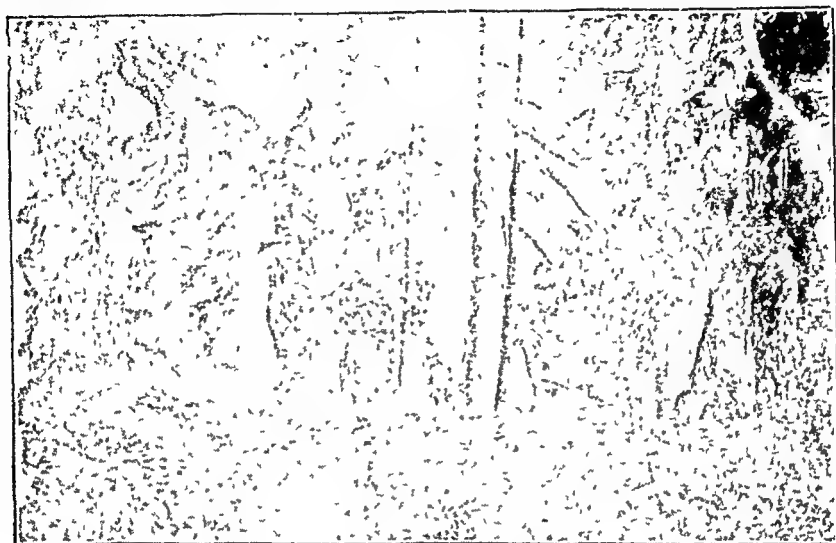


Fig 232
Forest on the southern border of Malaspina glacier.
(Photo by Russell)



Fig 233
Surface of rock rounded and smoothed by ice
Bronx Park, New York City.
(U S. Geological Survey)

उनके तल उस हिम के मार्ग द्वारा घिस जाते हैं जो अपने नितल में चट्टान के मलबे को धारण किये होता है। दूसरी बात यह है कि जब कोई हिमनदी उन तलों के ऊपर से सरकती है जो मिट्टी अथवा अन्य चट्टान की चादर से ढके होते हैं, तो हिम

मिट्टी आदि के साथ जम जाती है; अर्थात् भूमि के ऊपर की हिम मिट्टी के भीतर की हिम के साथ जुड़ जाती है। यह मेल, कम से कम कुछ अंश तक, नीचे उतरते हुए जल के जमनेका के रण उत्पन्न होता है। जब हिम और मिट्टी साथ-साथ जम जाती है तो आगे होने वाली गति न्यूनाधिक मिट्टी को अपने साथ ले चलने का कारण बनती है।

अतः किसी हिमनदी के प्रथम प्रभाव ये होते हैं—(१) तल से शिथिल मलबे को साफ कर देना, और (२) अपने मार्ग में पड़ने वाली स्तरीय-शिला (bed-rock) के उभरे हुए खण्डों को तोड़ देना या घिस देना। हिम के चलने के सामान्य प्रभाव की तुलना एक झुक जाने वाली मोटी रेती (rasp) की गति के साथ की जा



Fig 234

Diagram representing a hill unworn by ice, and the regular contact of soil and rock.



Fig. 235

Diagram showing the effect of glacial wear on a hill such as is shown in Fig. 234.

सकती है जो उस तल की उन विषमताओं के साथ अपना मेल स्थापित कर लेती है जिन पर होकर वह चलती है, यद्यपि इस क्रिया में कभी-कभी कठिनाई भी उपस्थित होती है। स्वच्छ हिम, चिकनी ठोस चट्टान के ऊपर से चलने पर, कोई अपक्षरण (erosion) नहीं कर पाती है, किन्तु चट्टानयुक्त हिम (rock-shod ice) ही अपने मार्ग के तल को काटती है, चाहे तल चिकना और ठोस ही क्यों न होता हो।

अधिकांश हिम के आवरण घाटी की हिमनदियों से अधिक मोटे होते हैं और उनमें से अधिकांश कम ढाल वाले तलों पर चलते हैं। अधिक मोटाई का कोई भी हिमावरण अपने मार्ग में बिना विजोप मोड़ के पर्याप्त पहाड़ियों और घाटियों के ऊपर चल सकता है। पहाड़ियों और शिलाओं के उभरे हुए खण्डों के ऊपर से चलती हुई हिम उनको घिसकर चिकना बना देती है (चित्र २३४ और २३५ की तुलना कीजिए)। यह घिसाव पहाड़ी की उस ओर को सबसे अधिक होता है जिधर होकर हिम चलती है। परिणाम यह होता है कि हिमनदी द्वारा किया गया अपक्षरण पहाड़ियों की शिलाओं को ऐसा आकार प्रदान करता है कि उनकी बनावट में चलने की दिशा ज्ञात हो जाती है (चित्र २३५)।

जिन घाटियों में होकर हिमनदियाँ गुजरती हैं वे चौड़ी और गहरी बन जाती हैं और उनकी दीवारें सापेक्षतया चिकनी बन जाती हैं। घाटियों की हिम-



Fig 236

A mountain valley in the same range as the next, but not glaciated. (Photo by Church)

नदियाँ V आकार की घाटियों को U आकार की घाटियों में परिवर्तित कर देती हैं, जिनके स्पष्ट उदाहरण अनेक पर्वतीय प्रदेशों में मिलते हैं (चित्र २३७ और २४०)।



Fig. 237

A mountain valley which has been strongly glaciated, Wasatch Mountains. (Photo by Church)

जहाँ पर कोई हिमनदी किसी पर्वतीय घाटी को विशेष रूप से गहरा बना देती है, वहाँ पर गहरी बनायी गयी घाटी और उसकी सहायक घाटियों, जो उम प्रकार से गहरी नहीं बन पायी हैं, के बीच समतुल्य का अभाव उत्पन्न हो जाता है। इस प्रभाव को चित्र २४० और २४१ में दिखाया गया है। सहायक घाटियों के

निम्नतर मिरे (चित्र २४०) उनकी प्रमुख घाटियों के नितल से स्पष्टतः ऊपर हैं। इस प्रकार की घाटियों को प्रपाती घाटी (hanging valley) कहते हैं।

पश्चिम के पर्वतों में प्रपाती घाटियाँ पर्याप्त मख्या में हैं क्योंकि वहाँ पर पहले हिमनदियाँ अब की अपेक्षा अत्यधिक फौली हुई थीं। नीचे समुद्र की ओर को आती

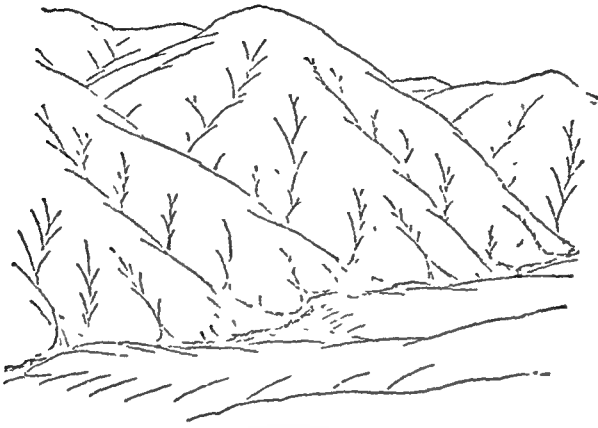


Fig. 238

A normally eroded mountain area not affected by glaciation. (Davis)

हुई कुछ घाटी की हिमनदियाँ अपनी घाटियों के निचले छोरों को इस प्रकार गहरा बना देती हैं कि हिम के पिघलने के बाद वे छोर संकीर्ण खाड़ियाँ या प्रोद्वरी (fjords) बन जाते हैं। परन्तु हिमनदी द्वारा अपक्षरण ही प्रोद्वरी बनने का एकमात्र कारण नहीं होता है।

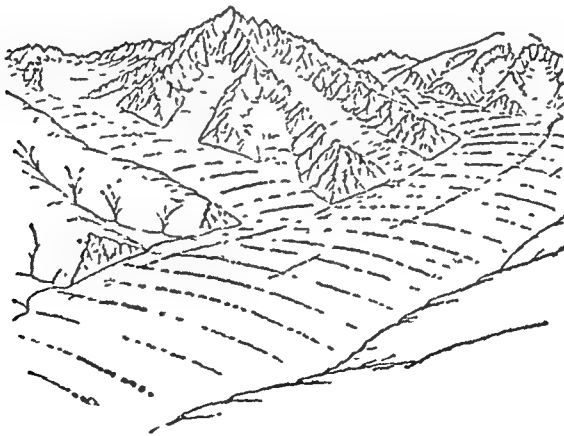


Fig. 239

The same area shown in Fig. 238 affected by glaciers which still occupy its valleys. (Davis)

चित्र २०८ में एक पर्वतीय हिमनदी का उसके जीर्ण के समीप का प्रपाती उतार (steep descent) दिखाया गया है। यह प्रपाती ढाल, और विशेषकर उसके

निचला भाग, महान अपक्षरण का स्थान होता है। अपक्षरण घाटी के शीर्ष को पीछे की ओर अधिकाधिक पर्वत में ले जाता है और साथ ही साथ उसके शीर्ष और पार्श्वों में प्रपाती ढाल पैदा कर देता है (चित्र २४३ और पृष्ठ १८)। घाटियों के



Fig 240

The same area shown in the two preceding figures after the ice has melted (Davis)

वड़े, मोथरे, प्रपाती पार्श्व वाले, हिम के आकार के शीर्ष सर्क (cirques) या हिमगार कहलाते हैं। यूण्टा (Uinta), बिगहोर्न (Bighorn), सीरिया निवादा (Sierra Nevada) तथा संयुक्त राज्य के अनेक अन्य पर्वतों में हिमगार विचित्र रूप से



Fig. 241

A hanging valley near Lake Kooteny. (Photo by Atwood)

विकसित हुए हैं। अनेक अवस्थाओं में हिमगारों के नितलो की ठोस चट्टान में द्रोणियाँ (basins) खुद जाती हैं और इस प्रकार की द्रोणियाँ उन अनेक छोटी झीलों का स्थान बन जाती हैं जो पर्वतों के उस प्राकृतिक सौन्दर्य को जो घाटी की हिमनदियों के प्रभाव में रहे हैं, चार चोंद लगा देती हैं।

घाटियों के ऊपर हिम के आवरणों का प्रभाव घाटियों की हिमनदियों (valley glaciers) के प्रभाव की अपेक्षा कम स्पष्ट होता है, क्योंकि इस अवस्था में

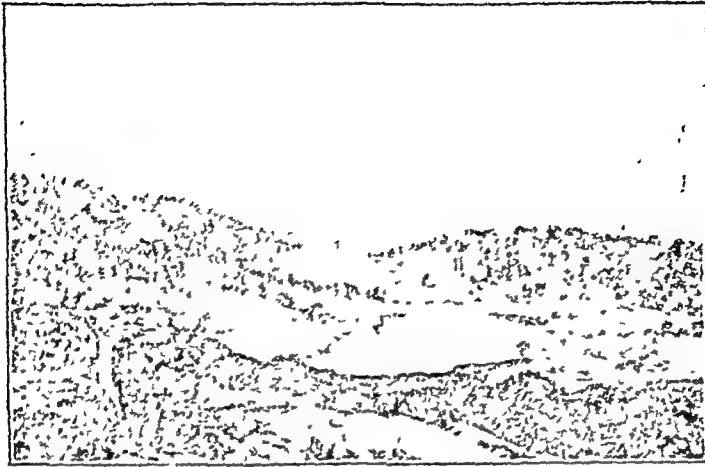


Fig. 242
Figure showing contrast between glaciated rock surface below, and non-glaciated crests above. Kearsarge Pinnacles, Cal.



Fig. 243
A glacial cirque with a small glacier in its head.
Bighorn Mts, Wyo (Photo by Blackwelder)

हिम घाटियों के बीच के विभाजकों और उनके साथ ही साथ स्वयं की घाटियों को भी प्रभावित करती है। यह सम्भव है कि जिन घाटियों में होकर किसी विशाल हिम की चादर की हिम चलती है, वे (घाटियाँ) पाम-पडोम के पहाड़ी शिखरों की

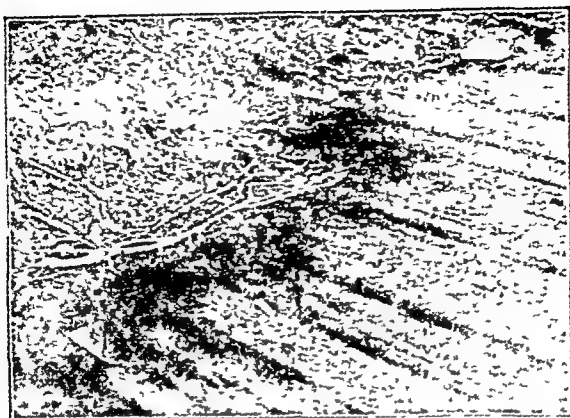


Fig. 244
Straited rock surface. Kingston, Des Moines
Co., Ia (*U S Geological Survey*)



Fig 245
Rock grooved by glaciation. The gorge probably
was formed by a stream under the ice, and then
polished by the ice Kelley's Island, Lake Erie.
(*U S Geological Survey*)

कटान की अपेक्षा अधिक गहरी बन जाती है। यदि ऐसा ही होता है, तो हिमनदी द्वारा किया गया अपक्षरण चट्टान के तल की उद्भृति (relief) को बढ़ा देता है। साथ ही साथ यह सम्भवतः ढालों के ढाल को कम करके, और पहाड़ी तथा घाटी के ढालों की अनेक गौण असमानताओं को मिटा कर, तल के खुरदरेपन को कम कर देता है।

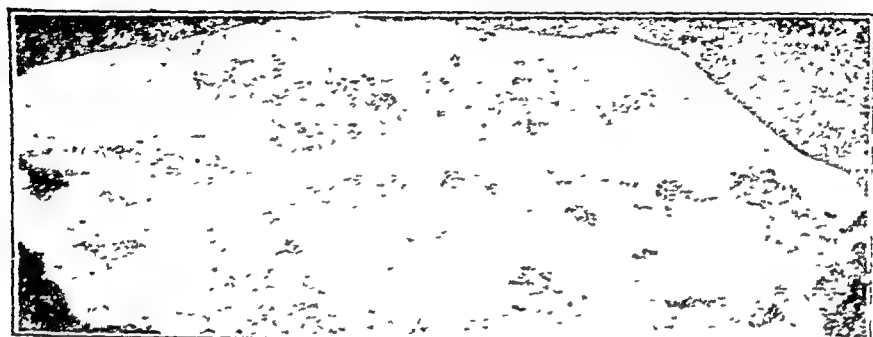


Fig 246

Small protuberances of rock showing the effect of ice wear. The movement was from left to right. Near Darlington, Ind. (U. S. Geological Survey)

जब किसी हिम के आवरण की हिम घाटियों को पार करती है, जैसा कि विशाल हिम के आवरणों की हिम प्रायः किया करती है, तो घाटियाँ विशेष रूप में गहरी होती हैं, यद्यपि उनके ऊपरी ढाल पर्याप्त घिस सकते हैं।



Fig 247

Diagram showing, by the wear in the depressions, the direction of ice movement, left to right

जब हिम तल को काटती है तो वह स्पष्ट रेखाएँ अथवा खरोंचे (scratches) उस जैल-स्तर (bed rock) पर बनाती हैं जिस पर होकर वह निकलती है। ऐसी खरोंचों अथवा रेखाओं को रेखा के चिह्न (striae—रेखाक) कहते हैं (चित्र २४४)। अनुकूल परिस्थितियों में खरोंचों के स्थान में कटाव की नालियाँ (grooves) विकसित हो जाती हैं। खरोंचे उन पथरों के द्वारा बनती हैं जो हिम के नितल में बहते रहते हैं। कटाव की नालियाँ वहीं पर विकसित होती हैं जहाँ स्त्रीय जैल अधिक निर्बल होती है, अथवा जहाँ बड़े-बड़े गोलाग्र (boulders) हिम के नितल में दृढ़ता से जमे रहते हैं और अधिक दबाव के साथ आगे बढ़ते हैं। हिम के नितल में सूक्ष्म मिट्टी (मृत्तिका—clay) युक्त पदार्थ नीचे की चट्टान (जैल) को परिमार्जित (polish) करता है। परिमार्जन, खरोंच और नालियाँ, जो हिम के पिघल जाने के

वाद जैल के तल पर जेप रह जाते हैं, हिमनदियों के पूर्व अस्तित्व के सबसे अधिक स्पष्ट विशेष चिह्नों में से होते हैं। किसी सीमित क्षेत्र में, खरोचे साधारणतः एक दूसरी के प्रायः समानान्तर रहती हैं और उम दिशा अथवा दो दिशाओं में से एक को प्रकट करती हैं, जिधर को हिम का प्रवाह हुआ था। इन दो दिशाओं के मध्य के अन्तर को, तल की छोटी असमानताओं की सहायता से निश्चित कर सकना सम्भव होता है, जैसा कि चित्र २४६ और २४७ में दिखाया गया है।

हिम के नितल में स्थित शिलाखण्ड एक-दूसरे में रगड़ खाते हैं और साथ ही साथ हिमनदी की तलैटी की चट्टान के साथ भी रगड़ खाते रहते हैं, और उत पर भी उतने ही खरोच हो जाते हैं जितने कि जैल-स्तर पर हो जाते हैं (चित्र २४८

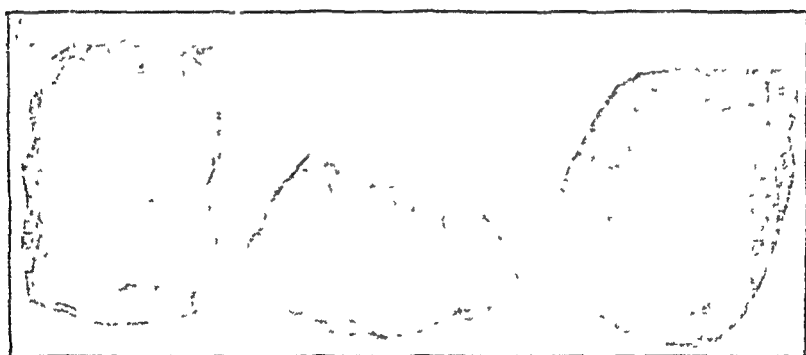
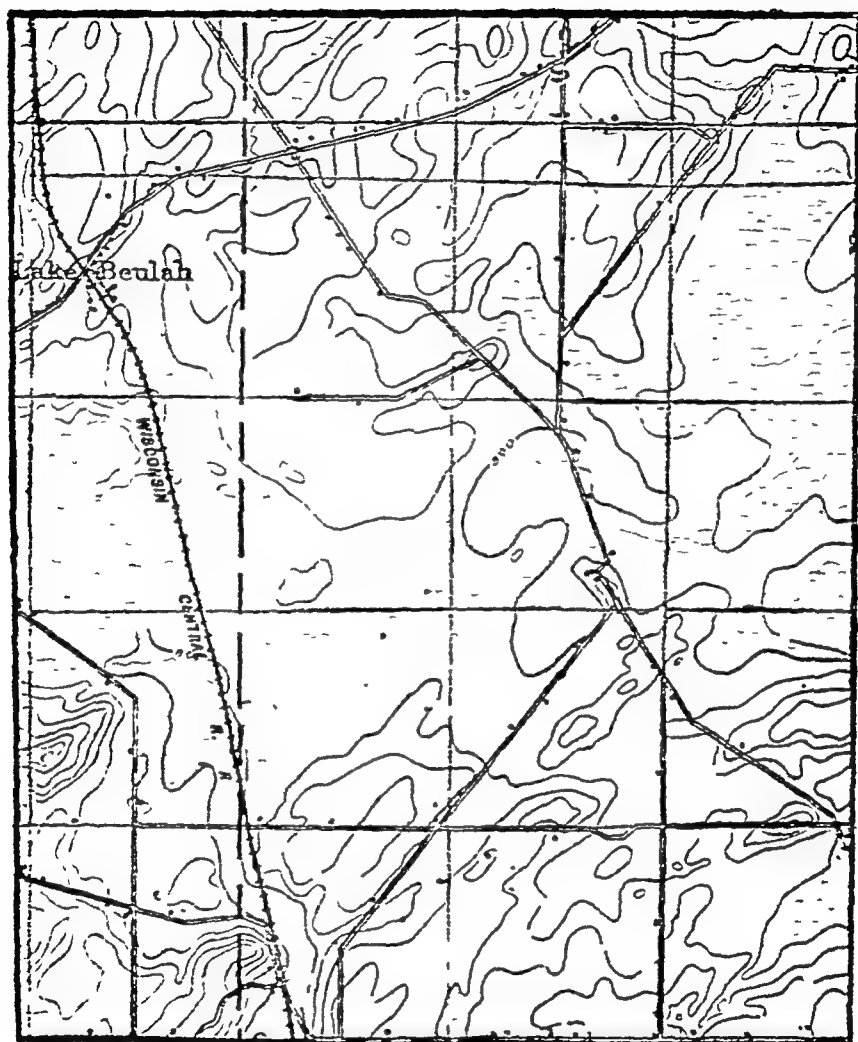


Fig 248

Stones striated by glacial wear

और २४९)। चूँकि हिम के भीतर के शिलाखण्ड हिम के प्रवाह के कारण समय-समय पर अपनी स्थितियाँ बदलते रहते हैं, अतः उनमें से अनेक, दो अथवा अधिक ओर को रेखित (striated) हो जाते हैं।

हिम द्वारा बहाये जाने वाले पदार्थ, जैसे-जैसे एक दूसरे से और उस तलैटी (bed) से जिन पर से वे गुजरते हैं, रगड़ खाते जाते हैं, वैसे ही वैसे वे अधिक महीन होते जाते हैं। घिमाव से उत्पन्न महीन पदार्थ चट्टान का चूरा (rock flour) बन जाते हैं। साथ ही साथ उन कणों में से कुछ मोटे कण अथवा स्थूल भाग बालू के कणों, गिट्टियों अथवा बड़े पत्थरों के आकार के भी होते हैं। इस प्रकार से ऐसा होता है कि हिम द्वारा एकत्र एवं निर्मित पदार्थ मोटेपन या स्थूलता के समस्त क्रमों (grades) के होते हैं, वे कई मीटर के व्यास वाले विशाल खण्डों से लेकर महीन से भी महीन मिट्टी तक होते हैं। चट्टानों (शिलाओं) के अधिक बड़े खण्ड गोलार्ध (boulders), छोटे-छोटे खण्ड पाषाण-बट्टियाँ (cobble stones) या गिट्टियाँ (pebbles) या बजरी (gravels) आदि नामों से पुकारे जाते हैं, और अति महीन खण्डों को सामान्यतः बालू (sand), चट्टान का चूर्ण (rock flour) अथवा मृत्तिका (clay) कहते हैं।



Characteristic drift topography. Scale 1— mile per inch. Contour interval 20 feet (Eagle, Wis., Sheet, U. S. Geol. Surv.)



Fig. 265

A perched boulder, size $4 \times 2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ metres. East of Englewood, N. J. (*N. J. Geological Survey*)

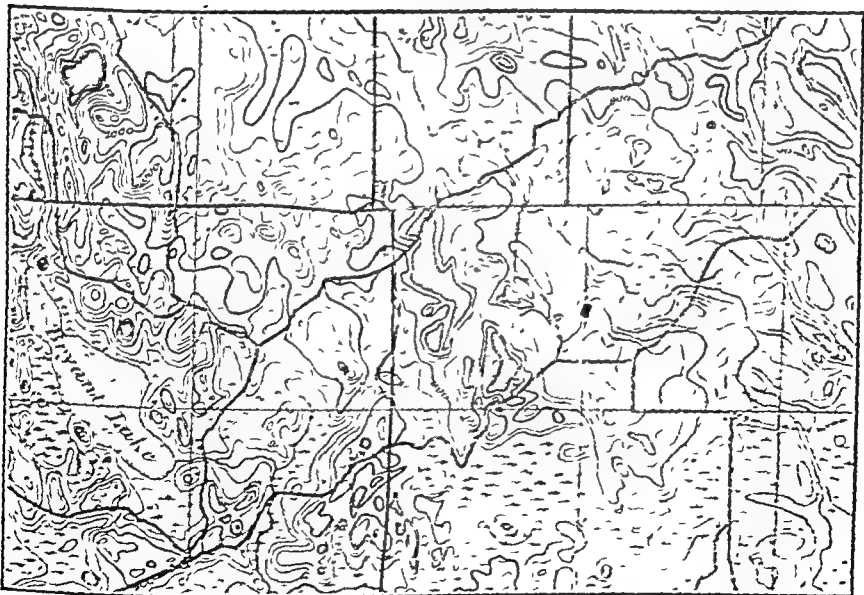


Fig 266

Topography of drift shown in contours, an area near Minneapolis, Minn Scale about 1 cm. to $\frac{1}{2}$ km.
(*U. S. Geological Survey*)

(७) अपोढ का व्यवस्थापन (disposal) इस प्रकार का होता है जैसा अन्य कोई एक स्थान से दूसरे स्थान को ले जाने वाला कारक (transporting agent) उस पदार्थ का नहीं करता है जिसे वह छोड़ता है (चित्र २६४)। घाटी की हिमनदियों की अनोखी पार्श्विक हिमोढ-कटके एव सीमान्त हिमोढ जो अणत या पूर्णत घाटियों को रोक देते हैं और झीलो, जलाशयों एव दलदलों की उत्पत्ति करते हैं जो घाटी की हिमनदियों के विशेष निक्षेपों में से होते हैं।

(८) हिमनदी के निक्षेपों का अन्य विशेष, यद्यपि कम प्रचलित, चिह्न विपम सन्तुलित स्थितियों वाले गोलाश्म (boulders) होते हैं जो दुःस्थित गोलाश्म (perched boulders) भी कहलाते हैं (चित्र २६५)।

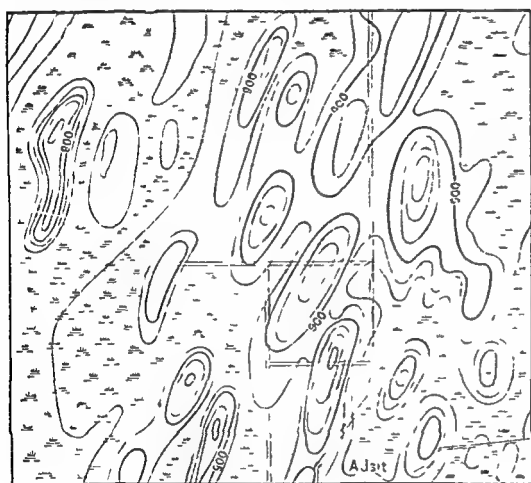


Fig 267

One phase of ground moraine topography
Elongated hills of drift of the type shown
here are called *drumlins*. South eastern
Wisconsin (U. S. Geological Survey)

हिम की चादरे (हिमावरण—ice sheets) भी इसी प्रकार ये चिह्न छोड़ती हैं

(१) अपोढ की राशियाँ, जो पर्वतीय हिमनदियों की राशियों से बहुत अधिक मिलती जुलती होती हैं यद्यपि सामान्यतः उनसे कम स्थूल होती हैं। यह अपोढ सीमान्त हिमोढों (चित्र २६० और २६६) तथा तल पर स्थित हिमोढों (चित्र २६१ और २६७) के रूप में होता है, जिनके तल पर

(२) अनेक झीले, जलाशय और दलदल बिखरे रहते हैं जो अपोढ के तल में स्थित कटली अथवा प्यानी की शकल वाले गतों को भरते हैं।

(३) हिम की चादरे जिन चट्टानों पर होकर गुजरती हैं उनके तल को चिकना, रेखित एव खाँचेदार (grooved) बना देती हैं।

हिमनदी सम्बन्धी निक्षेप (Fluvio-glacial Deposits)

हिमनदियों के आकार में वृद्धि होने के समय में भी, उनकी हिम कुछ सीमा तक पिघलती ही रहती है और उनका विलुप्त हो जाना भी पिघलने के ही कारण होता है। अधिकांश समय किसी हिमावरण के छोर पर और घाटियों की हिमनदियों के अन्त के नीचे जल के बहने की गति पर्याप्त शक्तिशाली रहती है, और ग्रीष्म ऋतु में जब हिम शीघ्रता से पिघलती रहती है तो जो सरिताएँ उनका पानी ले जाती हैं वे अत्यधिक उमड़ पड़ती हैं। अतएव समस्त स्थितियों में जल की क्रिया हिम की

क्रिया के साथ ही साथ होती रहती है, और, चूँकि साधारणतया लगभग जितनी हिम होती है उतना ही जल भी होता है और हिम द्वारा छोड़े हुए अपोढ़ पर जल को अन्तिम अवसर मिलता है, अतः निष्कर्ष रूप में अपोढ़ का कुछ भाग जिस रूप में हिम द्वारा छोड़ा जाता है उस रूप में जल द्वारा न्यूनाधिक परिवर्तित किया जाता है। जो सरिताएँ हिमनदियों से निकलती हैं वे हिम में निकले हुए अविकांश मलवे को वहा ले जाती हैं। आरम्भ में इस मलवे में स्थूल और सूक्ष्म दोनों प्रकार के पदार्थ रहते हैं किन्तु बजरी और छोटे गोलाश्म जीघ्र ही त्याग दिये जाते हैं और केवल सूक्ष्म पदार्थ ही बहुत दूर तक बहाये जाते हैं। ऐसी अनेक सरिताएँ इतना अधिक महीन रेत (silt—गाद) आलम्बन (suspension) के रूप में ढोती हैं कि उनका पानी गँदला रहता है। यदि गाद सफेद है, जैसी कि प्रायः हुआ करती है, तो सरिताओं को 'दूधिया' (milky) कहा जाता है।

हिमनदियों के नीचे की घाटियाँ बजरी, बालू और गाद के निक्षेपण के कारण हिमनदी सम्बन्धी मलवे (fluvio-glacial debris) के द्वारा प्रायः कुछ सीमा तक ऊँची उठ जाती हैं। इस प्रकार के निक्षेप स्तरमय (stratified) हो जाते हैं और इसीलिए हिम द्वारा बनाये गये निक्षेपों से विपरीत होते हैं, और, चूँकि सरिता द्वारा उत्पन्न किये हुए निक्षेपों का तल साधारणतया समतल होता है, अतः हिम द्वारा उत्पन्न अपोढ़ की स्थलाकृति के विपरीत होता है।

किसी हिमनदी के नीचे की घाटी में सरिता द्वारा जमा किये हुए पदार्थ को घाटी की शृंखला (valley train) कहा जाता है। यह विशेष परिस्थितियों में विकसित एक कछारी मैदान (alluvial plain) होता है। घाटी के निक्षेपों का सर्वोत्तम विकास सीमान्त हिमोढ़ों के ठीक बाहर की ओर होता है (चित्र २६८)।



Fig. 268

Diagram to illustrate the profile of a valley train, and its relations to terminal moraine in which it heads. M is the moraine.

किन्ती हिमावर्ण (ice-cap) की स्थिति में जो पानी हिम में निकलता है वह कोई घाटी प्राप्त करने में असफल हो सकता है। तब हिम में निकलने वाली प्रत्येक सरिता एक कछारी पख (alluvial fan) विकसित करने का प्रयास करती है। बढ़ते-बढ़ते ये पख मिल जाते हैं और एक कछारी मैदान (alluvial plain) बना देते हैं। इस प्रकार का मैदान जो हिम में निकले हुए पदार्थ में बनता है, गलेखर नदी-अपक्षेप (Outwash Plain) होता है (चित्र २६९) जिसकी चौड़ाई उसकी लम्बाई में अधिक हो सकती है। यह हिम के समीप स्थूल पदार्थ का बना होता है और हिम में दूर सूक्ष्मतर पदार्थ का गलेखर नदी-अपक्षेप मैदानों का सर्वोत्तम

विकास, घाटी की हिमनदियों की अपेक्षा हिमावरण के सीमान्त हिमोढ़ों के ठीक बाहर होता है और उनके पदार्थ स्तरमय हो जाते हैं।

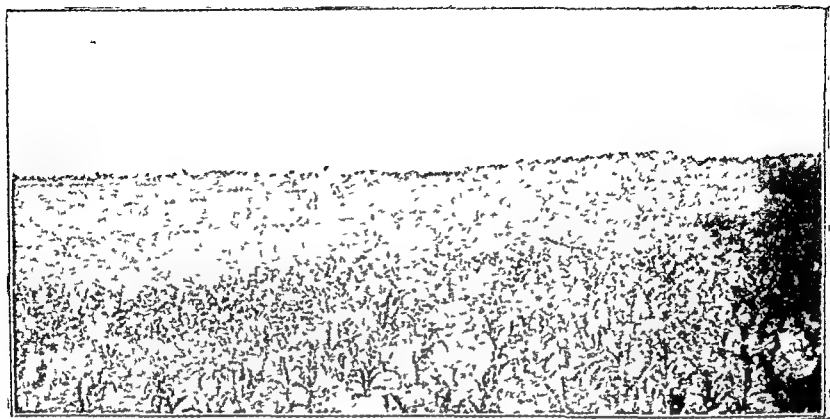


Fig. 269

The outwash plain and the terminal moraine (at the right)
near Baraboo, Wis (Photo by Atwood)

कोई हिमनदी तल के प्रवाह में बाधक हो सकती है। यदि अपने आगे की गति में हिम किसी घाटी के निचले अन्त में बाधक बनती है तो जल ऊपर की ओर एकत्रित हो जाता है और एक झील बन जाती है। पिघलती हुई हिम से जल-



Fig 270

An esker in Finland

निकाम (drainage) झीलों में उसी प्रकार डेल्टा बना सकता है जिस प्रकार अन्य मग्नताएँ उस स्थिर जलराशि (standing water) में डेल्टा बनाती हैं जिसमें वे गिरती हैं।

हिम के बाहरी जल-निकाम के अतिरिक्त हिम में तथा उसके नीचे बहता हुआ जल भी रहता है। हिम के नीचे कुछ उप-हिम-सरिताएँ (sub-glacial streams) अपने जलमार्गों में बजरी जमा कर देती हैं। ये जलमार्ग क्रमशः इस प्रकार बन सकते हैं कि जब

हिम पिघले तो मग्नता की पुरानी तलैदी (bed) एक नीचे किल्लु मँकरे कटक के समान जान हो तो उसे हिमनदी द्वारा उत्पन्न मिट्टी का कटक (esker—एस्कर अथवा हिमनद-मृदकटक) कहते हैं, जो प्रधानतया बजरी (gravel) और बालू द्वारा बनती है (चित्र २७०)। वर्तमान काल में हिमनदियों अथवा हिम-आवरणों के नीचे की मग्नताएँ हिमनद-मृदकटक का निर्माण करती हुई नहीं देखी गयी हैं और अतीत काल में घाटी की हिमनदियों के नीचे बनाये गये हिमनद-मृदकटक भी अज्ञात ही हैं। अतएव ऐसा प्रतीत होता है कि ज्ञात हिमनद - मृदकटक हिम-आवरणों के नीचे बनाये गये हैं जिनकी हिम अब पिघल गयी है।

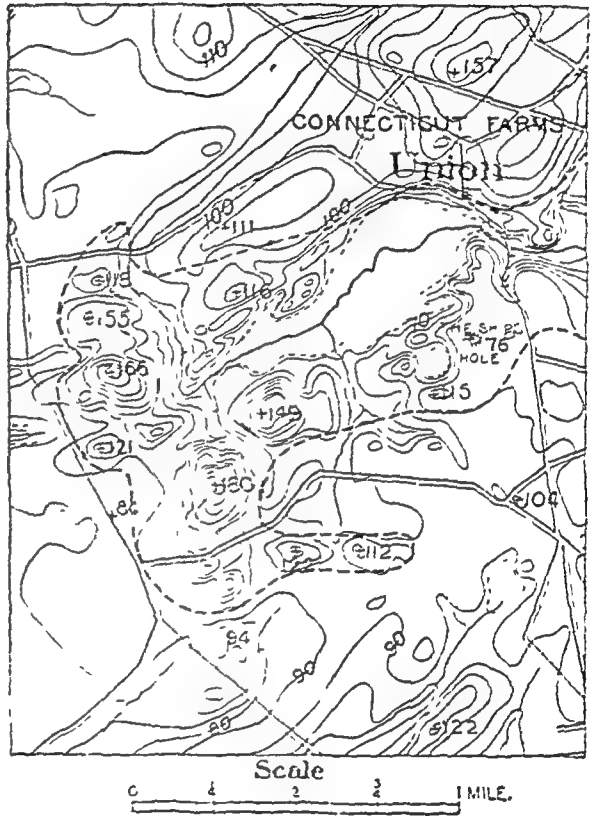


Fig 271
A group of Kames near Connecticut Farms, N. J. (N. J. Geological Survey)

उप-हिम-जलमार्ग (sub-ice channels) कुछ-कुछ इसी प्रकार की नालियों का भा प्रभाव रखते हैं जिनमें से होकर जल पर्याप्त वेग के साथ चलान निकलता है। जब यह जल हिम के नीचे से निकलता है तो इसके वेग को स्वावट मिलती है, और यह हिम के छोर पर बजरी और बालू का त्रिमृत निक्षेप बना सकता है। ये जमाव स्तरबद्ध हो जाते हैं, किन्तु यह स्तरिकरण अति अव्यवस्थित हो सकता है। इस प्रकार के जमाव या निक्षेप हिम के छोर पर पड़े रह जाते हैं, और जब हिम का छोर पिघलता है तो ये

निक्षेप टीलों अथवा पहाड़ियों के समान दिखाई पड़ते हैं और वे कंकतगिरि (Kames—केम) कहलाते हैं (चित्र २७१)। गलेश्वर नदी-अपक्षेपों (outwash plains) और हिमनद-मृदकटको के समान ही कंकतगिरि भी घाटी की हिमनदियों की अपेक्षा हिमावरणों द्वारा विकसित होते हैं।

गर्मी के दिनों में हिमनदियों के तलों पर अनेक छोटी सरिताएँ बन जाती हैं। ऐसा विशेषकर तभी होता है जबकि हिम का तल हिम की दरारों से अधिक फटा हुआ नहीं होता है। किन्तु ये तलीय सरिताएँ शायद ही कभी कोई महत्त्वपूर्ण निक्षेप बनाती हैं। हिमावरणों के तलों पर, उनके सुदूर छोरों के अतिरिक्त न के तुल्य मलवा रहता है जिसके कारण उनकी तलीय सरिताएँ कोई मलवा प्राप्त नहीं कर पाती हैं और वे साधारणतया स्वच्छ रहती हैं।

जिस समय हिम पिघलकर वह जाती है, तो इसके पिघलाव से उत्पन्न जल उस अपोढ़ के तल के ऊपर से होकर बहता है जिसे हिम ने पहले ही जमा कर रखा था और जल उसके किसी भाग को काटकर तथा किसी अन्य भाग में जमा होकर उसे कुछ सीमा तक परिवर्तित कर देता है।

जल की क्रिया के इन विभिन्न पहलुओं के परिणामस्वरूप अपोढ़ का अधिक भाग स्तरमय (stratified) हो जाता है। स्तरमय अपोढ़ अस्तरयुक्त अपोढ़ के ऊपर, नीचे अथवा दो अस्तरयुक्त अपोढ़ के मध्य में हो सकता है। किसी-किसी स्थिति में यह हिम द्वारा प्राप्त सीमा के बाहर भी पड़ा रहता है।

प्लावी हिमशैल (Icebergs—पानी में तैरती हुई हिम की बड़ी चट्टानें)

जहाँ घाटी की हिमनदियाँ समुद्र तक पहुँच जाती हैं वहाँ पर उनके सिरे टूट-टूटकर समुद्र में हिमशैल (icebergs) के रूप में तैरने लगते हैं। यह टूटने की क्रिया विभिन्न प्रकार से होती है। जैसे-जैसे हिम समुद्र की गहराई की ओर बढ़ती जाती है और वह एक ऐसे समुद्र में पहुँच जाती है जो पर्याप्त गहरा होता है, तो हिम जल में डूबे रहने के प्रभाव (buoyant effect—उत्प्लावी प्रभाव) से टूट जाती है क्योंकि हिम जल की अपेक्षा हलकी होती है। समुद्र में पहुँचने से पहले ही हिम अंशतः हिम-दरारों (crevasses) के द्वारा तोड़ी जा सकती है।

ग्रीनलैण्ड में उत्पन्न ये हिमशैल पर्याप्त संख्या में दक्षिण की ओर न्यूफाउण्डलैण्ड तक बह आते हैं। इनमें से कुछ तो और भी दक्षिणी अक्षांशों तक चले जाते हैं, किन्तु वे अपने उद्गम स्थान से इतनी दूरी तक बह आने के समय में पिघलकर छोटे हो जाते हैं। ग्रीनलैण्ड से आने वाले हिमशैल शायद ही कभी जल से ६० मीटर (२०० फुट) ऊँचे उठ पाते हैं और उनमें से अधिकांश अपने स्रोतों के समीप भी ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक ऊँचे नहीं उठते हैं। उनमें से कई एक तो दो किलोमीटर से भी अधिक चौड़े होते हैं। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेशों में हिमशैल क्षेत्रफल में और भी अधिक विशाल होते हैं, यद्यपि ऊँचाई वाले हिमशैल सम्भवतः देखने को नहीं मिलते हैं। एक हिमशैल जो जल से ६० मीटर ऊँचा होता है, वह उभरे हुए भागों को छोड़ कर, ४५० मीटर से ६०० मीटर तक मोटा होना चाहिए। यद्यपि नदी अथवा झील

की हिम पानी की तुलना में उसके लगभग $\frac{1}{10}$ भाग भारी होती है किन्तु हिमनदी की हिम, जब तक कि वह जैल के मलवे से भारी न हो, कम भारी होती है। शोन में बनी हुई हिम उतनी सघन नहीं होती है जितनी कि नदियों और झीलों पर बनी हुई हिम होती है।

जब हिमजैल वह निकलते हैं, तो वे हिमनदी के नितल में स्थित न्यूनाधिक मलवे को ढोने लगते हैं। समुद्र के जल में हिम का पिघलाव आरम्भ हो जाता है और वह मलवा जो पिघले हुए भाग द्वारा उठाया गया था, समुद्र के नितल में गिर जाता है। प्रायः ऐसा होता है कि यदि हिमजैल अपने प्रवाह के आरम्भ में उलटता है, तो हिमनदी के नितल का मलवा, यदि वह तुरन्त ही फिसलकर नीचे नहीं डूब जाता है, हिमजैल के पागवों अथवा शीर्ष पर दिखाई देने लगता है। हिम की अपेक्षा यह मलवा सूर्य की अधिक गर्मी को ग्रहण कर लेता है और शीघ्र ही पिघलकर हिम से अलग हो जाता है; अथवा अधिक मत्स्य बात तो यह है कि इसके आसपास की हिम शीघ्र पिघल जाती है। यदि मलवा किसी हिमजैल के पार्श्व पर रहता है तो वह समुद्र में नीचे गिर जाता है।

हिमजैल प्रायः (१) लहरो के कटाव, (२) हिम के टुकड़ों के अलगाव, (३) अममान पिघलाव आदि के कारण मुड़ अथवा एक ओर को झुक जाते हैं। ये समस्त क्रियाएँ उनके गुरुत्व के केन्द्रों को परिवर्तित करती रहती हैं और इस प्रकार उनके मन्तुलन को बिगाड़ देती हैं।

उत्तर से आने वाले हिमजैल अधिक मलवे को दूर तक ढोते हुए प्रतीत नहीं होते। औसत हिमजैल सम्भवतः १६० किलोमीटर (१०० मील) तक बहने के पहले ही अपने मलवे में छुटकारा पा जाता है। यह सामान्य धारणा कि न्यूफाउण्डलैण्ड के तट अधिकांश हिमजैल निक्षेपों द्वारा निमित्त हुए थे, सम्भवतः यथार्थ में निराधार है।

उत्तरी अटलाण्टिक महासागर में हिमजैल यदाकदा अटलाण्टिक के आरपार होने वाले व्यापार के मार्ग में पहुँच जाते हैं और कुहरे से घिरे रहने के कारण यातायात और यात्रा के लिए बाधक होते हैं।

प्राचीन हिमनदियाँ और हिम-चादरें (Ancient Glaciers and Ice-sheets)

पृथ्वी के इतिहास में ऐसे काल हुए हैं जबकि हिमनदियाँ वर्तमान काल की अपेक्षा अत्यधिक विस्तृत थी। इन कालों में से सबसे अन्तिम काल हिमनदी-युग (the glacial period) के नाम से प्रसिद्ध है। इस युग में पश्चिमी पहाड़ों की हिमनदियाँ आज की अपेक्षा अत्यधिक विशाल थी, और अनेक पर्वतों में अनेक हिमनदियाँ थी जिनमें अब कोई भी नहीं रही है। न्यू मैक्सिको, अरीजोना और नेवादा के उच्च पर्वतों में भी छोटी-छोटी हिमनदियाँ स्थित थी। उस काल में यूटाह अथवा कोलोरेडो की हिमनदियों में हिम की मात्रा उस समस्त हिम की मात्रा से अत्यधिक थी जो अब अलास्का के दक्षिण में संयुक्त राज्य में वर्तमान है। संयुक्त राज्य के उत्तर में पश्चिमी पहाड़ों की हिमनदियाँ भी तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी;

साथ ही साथ इन्ही पर्वतों के पूरव की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अष्ट कनाडा और अष्ट. संयुक्त राज्य में स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रों से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाड़ी से पूरव, दूसरी इससे पश्चिम की



Fig. 272

Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (Chamberlin)

ओर, और तीसरी सम्भवतः खाड़ी के दक्षिण-पश्चिम में (जिसे पैट्रिशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते हैं; और उसे मानचित्र में नहीं दिखाया गया है)। सम्भवतः इन केन्द्रों का हिम-विकास समकालीन नहीं था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था। शीन के गिरने से शीन एव हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

साथ ही साथ इन्ही पर्वतों के पूरव की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अणत कनाडा और अणत सयुक्त राज्य में स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था ।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रों से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाड़ी से पूरव, दूसरी इससे पश्चिम की



Fig. 272

Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (Chamberlin)

ओर, और तीसरी सम्भवत. खाड़ी के दक्षिण-पश्चिम में (जिसे पैट्रीशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते हैं, और उसे मानचित्र में नहीं दिखाया गया है) । सम्भवत इन केन्द्रों का हिम-विकास समकालीन नहीं था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था । शीन के गिरने से शीन एवं हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

वाद में उस हिम के फैलाव से बढ़े जो जीन के द्वारा उत्पन्न हुई। इन केन्द्रों से विकसित हुई हिम-चादरें अन्त में बढ़ाव के कारण एक हो गयी (चित्र २७२)। यह ध्यान रखने की बात है कि विशाल महाद्वीपीय हिमनदी पर्वतों से उत्पन्न नहीं हुई थी, वरन् उसका विकास ऊँचे मैदानों से ही हुआ था।

पश्चिमी पर्वतों की घाटी की विशाल हिमनदियों के अतिरिक्त उनमें हिम-चादर के समान हिम की राशियाँ अनुकूल परिस्थितियों में विकसित हुई थी, यद्यपि हिम की निरन्तरता पर्वतीय शिखरों और चोटियों (crests and peaks) के कारण अति खण्डित थी। पर्वतीय हिम ने कॉरडीलरा की हिम-चादर (Cordilleran ice-sheet) को उत्पन्न किया था (चित्र २७२)। कुछ स्थानों में घाटी की हिमनदियाँ नीचे के मैदानों से वहाँ पर मिल गयी जहाँ पर पीडमोंट की (piedmont—पर्वत प्रान्तीय) विशाल आकार वाली हिमनदियों का विकास हुआ था।

अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर उत्तरी अमरीका की हिम-चादर ने समस्त न्यूइंग्लैण्ड, न्यूजरसी के उत्तरी भाग और पेमिलवेनिया, तथा ओहियो और इण्डियाना नदियों का अधिक भाग ढक रखा था। उसके छोर ने ओहियो नदी को उस स्थान पर पार कर लिया था जहाँ आज सिनसिनाटी (Cincinnati) स्थित है और केण्टुकी (Kentucky) के भीतर कुछ किलोमीटर तक बढ़ गयी थी; और, पश्चिम में यह लगभग इलिनॉस (Illinois) के दक्षिणी सिरे तक पहुँच गयी थी। सेंटलुई (St. Louis) के समीप उसके छोर ने मिसौमिपी नदी को पार किया था और एक सामान्य रूप में मोंटाना (Montana) तक मिसौरी नदी के मार्ग का अनुसरण किया था। इस रेखा से उत्तर की ओर महाद्वीप का अधिक भाग जीन एव हिम से ढका हुआ था, परन्तु २० अथवा २६ हजार वर्ग किलोमीटर का एक क्षेत्र, विशेषतः दक्षिण-पश्चिमी विस्कॉन्सिन (Wisconsin) में, हिम से आच्छादित नहीं था। इस प्रदेश में अपोढ़ (drift) के अभाव के कारण इस क्षेत्र को 'अपोढ़हीन क्षेत्र' (driftless area) कहा जाता है।

लगभग उसी समय यूरोप में विस्तृत हिमाच्छादन (extensive glaciation) के अनुकूल परिस्थितियाँ वर्तमान थी। उदाहरण के लिए, आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ उनकी आधुनिक हिमनदियों की अपेक्षा कई गुनी अधिक विशाल थी। दक्षिण की ओर वे पर्वतीय घाटियों और इटली के मैदानों में पूर्णरूप से फैली हुई थी। अन्य दिशाओं में भी हिमनदियाँ तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी। हिमनदियों के इस दीर्घ विस्तार का पता हिमोढ़ों तथा उन स्तरयुक्त-जिलाओं (moraines and striated rocks) आदि से लगना है जिन्हें हिम ने वहाँ छोड़ दिया जहाँ वह पिघल गयी थी। यूरोप के अन्य पर्वतों में, जहाँ आज हिमनदियाँ मिलती हैं और कुछ में जहाँ हिमनदियाँ नहीं भी हैं, समान परिस्थितियाँ वर्तमान थी।

उत्तरी यूरोप में, उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग के समान ही एक विस्तृत हिम-चादर थी, किन्तु इसका क्षेत्रफल उत्तरी अमरीका की हिम-चादर के क्षेत्रफल का लगभग आधा था। प्रवाण केन्द्र जहाँ से हिम की चादर चारों ओर फैली थी,

साथ ही साथ इन्ही पर्वतों के पूरव की ओर लगभग १,०४,००,००० वर्ग किलोमीटर के विस्तार का एक क्षेत्र (चित्र २७२), जो अंशतः कनाडा और अशतः संयुक्त राज्य में स्थित है, एक हिम-चादर अथवा एक महाद्वीपीय हिमनदी से ढका हुआ था।

ऐसा प्रतीत होता है कि उत्तरी अमरीका की हिम-चादर दो या तीन मुख्य केन्द्रों से विकसित हुई थी—एक हडसन की खाड़ी से पूरव, दूसरी इससे पश्चिम की



Fig. 272

Sketch map showing the area in North America covered by ice at the maximum stage of glaciation. (Chamberlin)

ओर, और तीसरी सम्भवतः खाड़ी के दक्षिण-पश्चिम में (जिसे पैट्रिशियन केन्द्र Patrician Centre—कहते हैं; और उसे मानचित्र में नहीं दिखाया गया है)। सम्भवतः इन केन्द्रों का हिम-विकास समकालीन नहीं था; किन्तु विस्तार को अलग कर देने पर निस्सन्देह यह कहा जा सकता है कि प्रत्येक केन्द्र का आरम्भ एक विशाल शीन-क्षेत्र से हुआ था। शीन के गिरने से शीन एव हिम-क्षेत्र बढ़ गये और

गढ़ में उस हिम के फैलाव से बढ़े जो गीन के द्वारा उत्पन्न हुई। इन केन्द्रों से विकसित हुई हिम-चादरें अन्त में बढ़ाव के कारण एक हो गयी (चित्र २७२)। यह ध्यान रखने की बात है कि विशाल महाद्वीपीय हिमनदी पर्वतों में उत्पन्न नहीं हुई थी, वरन् उसका विकास ऊँचे मैदानों से ही हुआ था।

पश्चिमी पर्वतों की घाटी की विशाल हिमनदियों के अतिरिक्त उनमें हिम-चादर के समान हिम की राशियाँ अनुकूल परिस्थितियों में विकसित हुई थी, यद्यपि हिम की निरन्तरता पर्वतीय शिखरों और चोटियों (crests and peaks) के कारण अति खण्डित थी। पर्वतीय हिम ने कॉरडीलरा की हिम-चादर (Cordilleran ice-sheet) को उत्पन्न किया था (चित्र २७२)। कुछ स्थानों में घाटी की हिमनदियाँ नीचे के मैदानों से वहाँ पर मिल गयीं जहाँ पर पीडमोंट की (piedmont—पर्वत प्रान्तीय) विशाल आकार वाली हिमनदियों का विकास हुआ था।

अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर उत्तरी अमरीका की हिम-चादर ने समस्त न्यूडंगलैण्ड, न्यूजरसी के उत्तरी भाग और पेंसिलवेनिया, तथा ओहियो और इण्डियाना नदियों का अधिक भाग ढक रखा था। उसके छोर ने ओहियो नदी को उस स्थान पर पार कर लिया था जहाँ आज सिसिनाटी (Cincinnati) स्थित है और केण्टुकी (Kentucky) के भीतर कुछ किलोमीटर तक बढ़ गयी थी; और, पश्चिम में यह लगभग इल्लिनास (Illinois) के दक्षिणी सिरे तक पहुँच गयी थी। सेंटलुई (St. Louis) के समीप उसके छोर ने मिसौमिपी नदी को पार किया था और एक सामान्य रूप में मोंटाना (Montana) तक मिसौरी नदी के मार्ग का अनुसरण किया था। इस रेखा से उत्तर की ओर महाद्वीप का अधिक भाग गीन एवं हिम में ढका हुआ था, परन्तु २० अथवा २६ हजार वर्ग किलोमीटर का एक क्षेत्र, विज्ञेयतः दक्षिण-पश्चिमी विसकामिन (Wisconsin) में, हिम में आच्छादित नहीं था। इस प्रदेश में अपोढ़ (drift) के अभाव के कारण इस क्षेत्र को 'अपोढ़हीन क्षेत्र' (driftless area) कहा जाता है।

लगभग उसी समय यूरोप में विस्तृत हिमाच्छादन (extensive glaciation) के अनुकूल परिस्थितियाँ वर्तमान थी। उदाहरण के लिए, आल्पस पर्वत की हिमनदियाँ उनकी आधुनिक हिमनदियों की अपेक्षा कई गुनी अधिक विशाल थी। दक्षिण की ओर वे पर्वतीय घाटियों और इटली के मैदानों में पूर्णरूप से फैली हुई थी। अन्य दिशाओं में भी हिमनदियाँ तदनुकूल आज की अपेक्षा अधिक विशाल थी। हिमनदियों के इस दीर्घ विस्तार का पता हिमोढ़ों तथा उन स्तम्बुक-जिलाओं (moraines and striated rocks) आदि में लगता है जिन्हें हिम ने वहाँ छोड़ दिया जहाँ वह पिघल गया था। यूरोप के अन्य पर्वतों में, जहाँ आज हिमनदियाँ मिलती हैं और कुछ में जहाँ हिमनदियाँ नहीं भी हैं, समान परिस्थितियाँ वर्तमान थी।

उत्तरी यूरोप में, उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग के समान ही एक विस्तृत हिम-चादर थी, किन्तु इसका क्षेत्रफल उत्तरी अमरीका की हिम-चादर के क्षेत्रफल का लगभग आधा था। प्रधान केन्द्र जहाँ से हिम की चादर चारों ओर फैली थी,

स्कैंडेनेविया (Scandinavia) के उच्च पर्वत थे, और सहायक केन्द्र (subordinate centres) स्कॉटलैण्ड के पठारों और यूराल पर्वतों में थे। अपने विशालतम विस्तार के अवसर पर इस हिम-चादर ने ग्रेट ब्रिटेन के केवल दक्षिणतम भाग को छोड़कर, उसका सम्पूर्ण भाग ढक रखा था (चित्र २७३)।

अन्य महाद्वीपों में विशाल हिम-चादरें विकसित हुईं हो ऐसा ज्ञात नहीं है, किन्तु उनकी पर्वतीय हिमनदियाँ विशाल थीं।

यूरोप तथा उत्तरी अमरीका दोनों ही महाद्वीपों में महाद्वीपीय हिमनदियों का इतिहास जटिल रहा है। प्रत्येक महाद्वीप में अनेक क्रमिक (successive) हिम-चादरें थीं जो एक दूसरे से समय के पर्याप्त अन्तर के कारण अलग थीं। उत्तरी अमरीका में घटनाओं का क्रम कुछ-कुछ निम्नलिखित था।

पहली विशाल हिम-चादर के विकास के पश्चात्, वह हिम-चादर सिकुड़कर छोटे अनुपातों में हो गयी, अथवा पूर्णतः विलीन हो गयी, जिसका कारण सम्भवतः जलवायु का परिवर्तन था। पहली हिम-चादर के पीछे एक उष्ण काल आया और

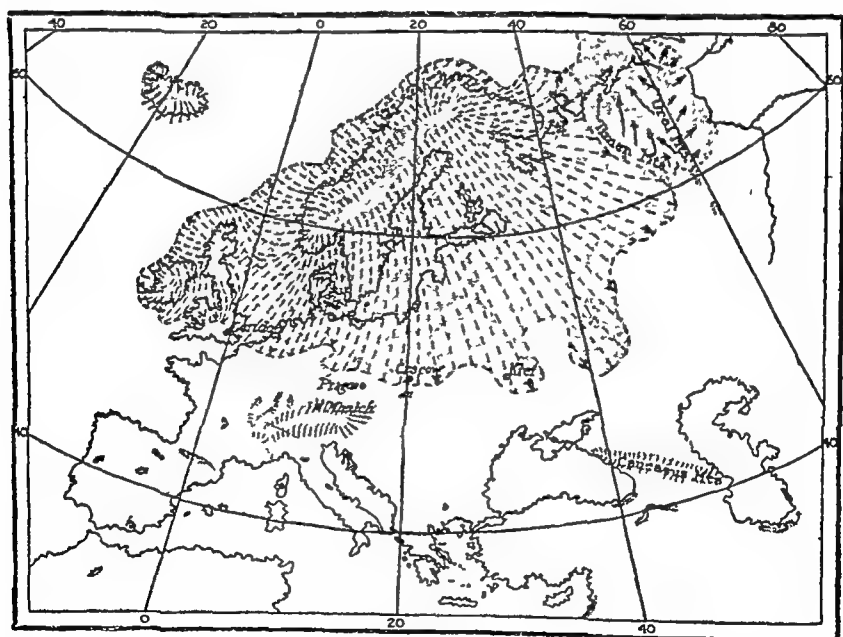


Fig. 273

Sketch map showing the area of Europe covered by the continental glacier at the time of its maximum development. (After Jas. Geikie)

जिस प्रदेश में से हिम नष्ट हो गयी थी, उस प्रदेश में पौधों और जीवों ने अधिकार स्थापित किया। इसके पश्चात् एक दूसरी महाद्वीपीय हिम-चादर का विकास हुआ, जिसने प्रथम हिम-चादर द्वारा मुक्त किये गये प्रदेश को पुनः ढक लिया और दक्षिण में और भी दूर तक फैल गयी। अपने बढ़ाव में द्वितीय हिम-चादर ने जहाँ-तहाँ उस

मिट्टी को ढक दिया जो प्रथम युग की हिम द्वारा निक्षिप्त अपोढ़ के शीर्ष पर बन चुकी थी। इस प्रकार की मिट्टियाँ—(१) कुछ स्थानों में पौधों के अवशेषों के साथ जो पहचाने जा सकते हैं; (२) जो अपोढ़ की एक नीचे की और एक ऊपर की तहों के बीच पड़ी हैं; उन कसौटियों में से एक हैं जिनसे यह ज्ञात होता है कि उस काल में एक से अधिक महाद्वीपीय हिमनदियाँ थी। इस तथा अन्य उपायों द्वारा तीसरी, चौथी और सम्भवतः पाँचवी हिम-चादर, प्रत्येक अपनी पहले वाली हिम-चादर से कुछ छोटी विकसित हुई और बाद को विलुप्त भी हुई। अन्य शब्दों में कम से कम चार ऐसे युग हुए जब हिम-चादरें फैली हुई थी, और ये चारों युग ऐसे युगों द्वारा पृथक् हैं जबकि या तो हिम अत्यन्त कम हो गयी थी अथवा वह सर्वथा ही विलीन हो गयी थी। यूरोप की हिम-चादरों का इतिहास भी इसके ही समान था।

हिमनदियों के युगों के कारण (Cause of the Glacial Epochs)

विशाल हिम-चादरों के विकास का कारण निस्सन्देह जलवायु सम्बन्धी था, जिसमें मुख्य कारण तापमान में कमी का होना था। इस शीत जलवायु का कारण निश्चित रूप से ज्ञात नहीं है। इसकी व्याख्या के लिए विभिन्न कल्पनाएँ की गयी हैं, किन्तु उनमें अधिकांश के लिए घातक आपत्तियाँ भी प्रतीत होती हैं। इस विषय का विस्तार यहाँ पर नहीं किया जाएगा, किन्तु यह कहा जा सकता है कि एकमात्र कल्पना जिस पर अविश्वास किया ही नहीं जा सकता, यह है कि वह कल्पना जलवायु के परिवर्तनों का सम्बन्ध वायुमण्डल की रचना में होने वाले परिवर्तनों से जोड़ती है। ऐसा ज्ञात होता है कि वायु में प्रांगार द्विजारेय (carbondioxide) एवं जल की भाप की मात्रा में वृद्धि का परिणाम जलवायु में सुधार होता है, जबकि इन तत्त्वों की कमी का परिणाम तापमान में ह्रास होता है। इस कल्पना में निहित तत्त्वों का यहाँ पूर्ण विवेचन नहीं किया जा सकता है, किन्तु यह कहा जा सकता है कि वायुमण्डल के इन तत्त्वों की मात्रा में वृद्धि एवं न्यूनता के सत्य दिखाई देने वाले कारणों का मुझाव यहाँ दे दिया गया है और सापेक्षित रूप से उन प्रदेशों में जहाँ हिम आवरण विकसित हुए थे, अधिक अवक्षेपण (precipitation) (जो हिमाच्छादन के लिए उतना ही आवश्यक है जितना कि न्यून तापक्रम) के कारणों पर भी प्रकाश डाला गया है।

महाद्वीपीय हिमनदियों द्वारा उत्पन्न परिवर्तन

(Changes Produced by the Continental Glaciers)

उत्तरी अमरीका की हिम-चादरों ने कुछ विज्ञेय सीमा तक उस तल को परिवर्तित किया जिसे वे ढके हुए थे। उनके द्वारा किये गये परिवर्तनों का एक संक्षिप्त सारांश हिम-चादरों के कार्य के पुनरावलोकन तथा पुष्टीकरण में सहायक होगा। हिम-चादर द्वारा उत्पन्न परिवर्तन दो वर्गों में आते हैं—(१) वे जो हिम के अपक्षरण (erosion) द्वारा उत्पन्न हुए हैं; और (२) वे जो अपोढ़ (drift) के निक्षेपण द्वारा किये गये हैं।

यह याद रखना महत्त्वपूर्ण है कि उत्तरी अमरीका की महाद्वीपीय हिमनदी

एक कुछ ऊँचे मैदान के तल पर विकसित हुई थी। इस मैदान की स्थलाकृति अधिकांशतः वर्षा एवं नदी के अपक्षरण द्वारा निर्मित हुई थी। यह अनुमान उस क्षेत्र की स्थलाकृति पर आधारित है जो हिम से ढका हुआ नहीं था।

अपक्षरण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन (Changes Produced by Erosion)

(१) उच्चभूमियों पर (On elevations)—महाद्वीपीय हिमनदी की हिम इतनी अधिक मोटी थी कि वह पहाड़ियों एवं निम्न पर्वतों के ऊपर से, जैसे कि न्यू इंग्लैण्ड और उत्तरी न्यूयार्क के पर्वत, उस क्षेत्र में जो चित्र २७२ में दिखाया गया है, गुजर गयी थी। जब हिम इन उपरोक्त तथा निम्नतर ऊँचाइयों के ऊपर फैल गयी थी तो उसने उनके शीर्षों को काट दिया और उनको चिकना बना दिया। हिम ने उन समस्त भागों को जो साधारण तल से ऊपर उठे हुए थे, नीचा कर दिया और इस प्रकार तल को कम विषम बना दिया। उच्च भूमियों पर पड़े साधारण प्रभाव को चित्र २३४ तथा २३५ में दिखाया गया है।

(२) घाटियों में (In valleys)—हिम ने उन घाटियों को भी गहरा बना दिया जो उसके चलने के मार्ग में थी। अनेक अवस्थाओं में हिम ने उनको इतना गहरा बना दिया जितना नीचा उसने पहाड़ियों को कर दिया था, अथवा उससे भी अधिक। पिछली अवस्था में तल की उद्भृति (relief) में वृद्धि हुई थी; परन्तु जहाँ यह सत्य भी था वहाँ अनिवार्यतः तल की विषमता में कमी आयी थी; क्योंकि विषमता का आधार उठावों एवं गतियों, जैसे पहाड़ियों और घाटियों के बीच की दूरी, तथा उनके ढालों का ढलान भी उतना ही है जितना कि उद्भृति की मात्रा है (चित्र २७४)। जहाँ किसी हिम-चादर के छोर घाटी की हिमनदियों में पृथक् हो गये और वे समुद्र की ओर गतिमान हो गये वहाँ पर हिम ने कुछ स्थानों पर घाटियों को

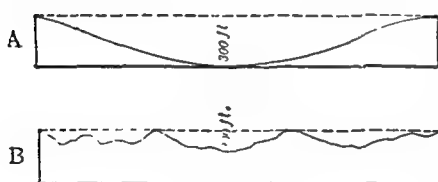


Fig 274

Diagram to show that roughness of surface and amount of relief are not necessarily the same. A represents greater relief, but B might be regarded as a rougher surface

समुद्र-तल से बहुत नीचे तक काट लिया जिससे हिम के पिघल जाने पर वहाँ सँकरी खाड़ियाँ अथवा प्रोहरियाँ (fiords—फियोर्ड्स) बन गयीं।

(३) शैल-तल (Rock surfaces)—जहाँ पर नीचे की शैल सापेक्षतया निर्वल थी वहाँ हिम के अपक्षरण का अन्य प्रभाव तल में खोखला (hollows) बना लेने का था। परिणाम-स्वरूप, शैल के तल में द्रोणियों (basins)

का निर्माण हुआ। इस प्रकार की शैल-द्रोणियाँ सम्भवतः हिमनदियों से प्रभावित पर्वतीय घाटियों की अपेक्षा महाद्वीपीय हिम-चादर के क्षेत्रों में कम सामान्य है। जिन जिलाओं पर होकर हिम गुजरी उनके तल को हिम ने परिमार्जित (polished), स्तरयुक्त (striated), एवं खाँचेदार (grooved) भी किया, यद्यपि ये प्रभाव स्थल की आकृतियों के दृष्टिकोण से महत्त्वपूर्ण नहीं है।

निक्षेपण द्वारा उत्पन्न परिवर्तन (Changes Produced by Deposition)

जिस तल पर से होकर हिम गुजरी थी उससे अपक्षरित (eroded) समस्त पदार्थ को उसने शीघ्र ही अथवा देर में निक्षिप्त कर दिया। यदि यह अपोढ़ प्रत्येक स्थान पर समान मोटाई की होता तो इसका प्रभाव यह हुआ होता कि स्थल की आकृति (स्थलाकृति) में बिना किसी परिवर्तन के तल ऊँचा उठ जाता; किन्तु अपोढ़ का वितरण अत्यन्त असमानता से होता है और यह असमानता स्थल की आकृति को परिवर्तित कर देती है।

अपोढ़ का सामान्य वितरण (General distribution of the drift)—प्रवाहित हिम की यह प्रवृत्ति थी कि वह अपने अपोढ़ को, जिस स्थान से वह उठाया गया हो, वहाँ से स्थानान्तरित करके हिम के छोरों की ओर पहुँचा दे। अतएव सामान्यतया महाद्वीपीय हिमनदियों द्वारा त्यागे गये अपोढ़ उनके पहले छोरों की ओर अधिक मोटा और उनके मध्य भागों की ओर अधिक पतला होता है। उदाहरण के लिए, पश्चिमी न्यूयार्क से ओहियो, इण्डियाना, इलिनॉस, विसकांसिन, मिनेसोटा और आइओवा के मध्य से होती हुई डाकोटा और मोण्टाना तक की विस्तृत पट्टी में यह बहुत मोटा है। दूसरी ओर संयुक्त राज्यों की सीमा के उत्तर में पर्याप्त क्षेत्रों में हिम क्षेत्रों के मध्य की ओर त्यागा हुआ अपोढ़ न के तुल्य था।

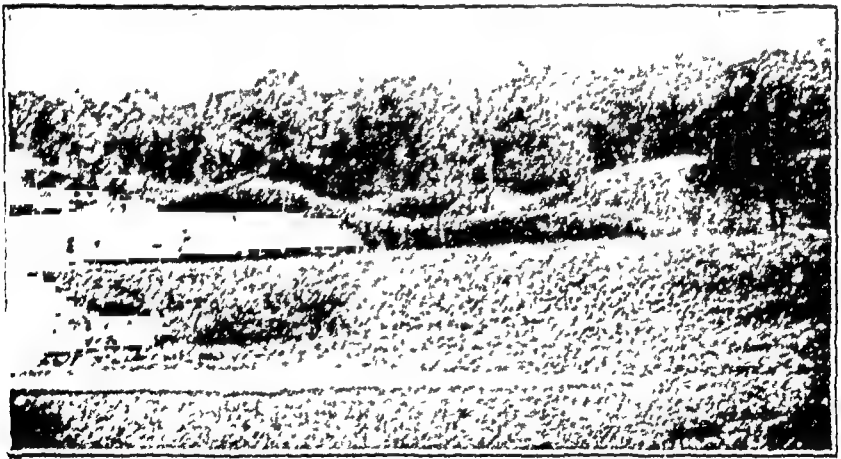


Fig. 275

Terminal moraine topography near Oconomowoc, Wis.
(Wis. Geological Survey)

सीमान्त हिमोढ़ (Terminal moraines)—अन्तिम हिम-चादर ने, विशेष रूप में, स्थूल सीमान्त हिमोढ़ों को विकसित किया जो अपोढ़ के दक्षिणी छोर से बहुत दूर उत्तर में पड़े हैं, क्योंकि जिस हिम-चादर ने उनका निर्माण किया था वह दक्षिण में उतनी दूरी तक नहीं बढ़ी थी जितनी कि उसकी कुछ पूर्ववर्ती हिम-चादरें बढ़ी थीं।

हिमोढ का विकास विणेष रूप से हुआ है वहाँ इसके तल पर टीले (hillocks), स्तूप (mounds), कटके आदि बन जाते हैं जिनके साथ-साथ समान आकारों के गर्त भी होते हैं (चित्र २६०, २६१ और २७५)। यद्यपि इस प्रकार की स्थल की आकृति इतनी अधिक विस्तृत है कि उसे विशिष्ट मान लिया जाए, किन्तु यह सभी सीमान्त

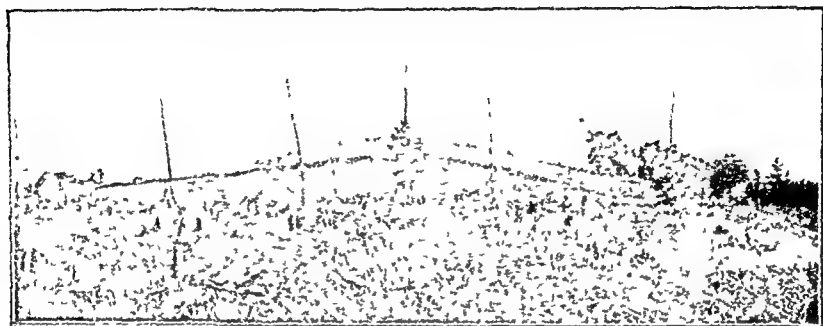


Fig. 280

The same drumlin shown in Fig. 279 seen from the end.
(U. S. Geological Survey)

हिमोढों, अथवा एक ही सीमान्त हिमोढ के सभी भागों में स्पष्ट नहीं है। सीमान्त हिमोढ में कुछ गर्तों में जलाशय, झीले अथवा दलदल होते हैं। कुछ सीमान्त हिमोढों के तल पर गोलाशमों की अधिकता होती है (चित्र २७६)।

तल पर स्थित (तलस्थ) हिमोढ (The ground moraine)—तलस्थ हिमोढों का विस्तार सीमान्त हिमोढों के विस्तार से अत्यधिक है, और इसकी स्थलाकृति सामान्यतः कम खुरदरी (rough) है। पहाड़ियाँ और गर्त कम प्रपाती पार्श्व वाली होती हैं और तल के मोड़ अधिक चौड़े होते हैं (पृष्ठ १६)। तलस्थ हिमोढ के कुछ भाग लम्बाकार अथवा अण्डाकार पहाड़ियों के रूप में होते हैं जो हिमनदोंद्वारा (drumlin—हिम के नीचे की चट्टान) कहलाते हैं। ऐसे गिरि अनेक

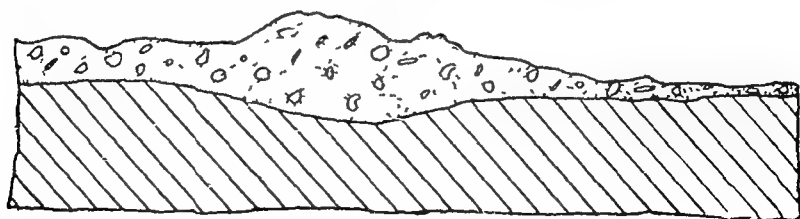


Fig 281

Diagram to show how drift may be so disposed as to increase the relief of the surface

स्थानों पर मिलते हैं। इनमें से सबसे अधिक प्रसिद्ध विसकासिन और न्यूयार्क प्रदेशों में पाये जाते हैं (चित्र २६७ और २७८-२८०)। बकर हिल (Bunker Hill) के

युद्ध में अमरीका वालों ने एक ऐसे ही हिमनदीगिरि पर अधिकार करके किले का काम दिया था।

स्थलाकृति पर अपोढ़ का प्रभाव (Effect of drift on topography) — अपोढ़ की व्यवस्था इस प्रकार हो सकती है कि वह तल की उद्भृति (relief) की वृद्धि कर दे (चित्र २८१), किन्तु अधिकतर इसकी व्यवस्था ऐसी होती है कि वह उद्भृति में कमी ही उत्पन्न करता है (चित्र २५६); क्योंकि सम्बन्ध रूप से ऊँचे स्थानों की अपेक्षा नीचे स्थानों में अधिक अपोढ़ छाड़ा गया था। ह्रासयुक्त उद्भृति (decreased relief) के कुछ स्थानों में भी, अपोढ़ इस प्रकार से छाड़ा गया था कि उनमें नीचे की चट्टान के तल की अपेक्षा तल को अधिक विपन्न बना दिया।

अपवाह पर अपोढ़ निक्षेपों का प्रभाव (Effect of drift deposits on drainage) — झीलें (Lakes) — हिम द्वारा त्यागे गये अपोढ़ ने कुछ स्थानों पर घाटियों को भर दिया किन्तु यह क्रिया सर्वत्र नहीं हुई। अपोढ़ का भराव घाटियों में बाँध बना देता है जिसके ऊपर जल के गुरुत्वाकर्षण हो जाने की सम्भावना रहती है और उस जल में झीलें बन जाती हैं। यदि कोई घाटी दो स्थानों पर भर गयी थी, जैसा कि कुछ स्थानों में घटित हुआ था, तो दोनों के बीच का खाली भाग एक ट्रोणो बन गया जो एक झील के लिए उपयुक्त था। इस प्रकार में विकसित झीलों की संख्या बहुत बड़ी है। न्यूयार्क की झीलें और विस्कॉन्सिन की डैविल्स झील (Devil's Lake) (चित्र २८२) इस तथ्य के अच्छे उदाहरण हैं।

रॉक-ट्रॉणियाँ (rock-basins) का उल्लेख पहले ही किया जा चुका है, किन्तु अनेक अवस्थाओं में ऐसा हुआ कि वे ट्रोणियाँ जिनके निम्न जैल में थे, अधिक गहरी बन गयीं क्योंकि उनके किनारों (rims) के आसपास अपोढ़ जमा हो गया था। बड़ी झीलें (The Great Lakes) सम्भवतः जैल-ट्रॉणियाँ में ही स्थित हैं, किन्तु उनके किनारों (margins) अपोढ़ द्वारा निर्मित हुए थे, जिनसे उनको अधिक गहरी बना दिया।

मानचित्र-कार्य — स्थलाकृतिक मानचित्र की व्याख्या में अक्सर १० और १३ दिक्का।

हिम-चादलों ने झीलों और जलाशयों को अन्य प्रकारों में भी उत्पन्न किया है। उनमें से अनेक अपोढ़ के तल के गर्तों में स्थित हैं।

इस प्रकार की झीलें सीमान्त हिमोढ़ों में विशेष रूप से पर्याप्त संख्याओं में मिलती हैं किन्तु वे तलस्थ हिमोढ़ों में भी मिलती हैं। उनकी अमरीका की अधिकांश झीलों का स्पष्टीकरण हिम के आच्छादन के द्वारा हो जाता है। उनमें से अधिकांश झीलें उस क्षेत्र में हैं जो किसी समय हिम की चादर अथवा पर्वतीय हिमनदियों द्वारा ढका हुआ था। वे उस क्षेत्र में सबसे अधिक संख्या में हैं जो अन्तिम हिम युग की हिम द्वारा ढका हुआ था, जैसे—उत्तरी डकोटा, मिनीसोटा, विस्कॉन्सिन, मिगीगन, न्यूयार्क और न्यूइंग्लैंड में। विशेष परिस्थितियों को छोड़कर जिनमें वे पूर्णतः भिन्न प्रकार की हैं, अपोढ़ के दक्षिण में झीलें नहीं मिलती हैं।

हिम द्वारा विकसित झीले केवल अस्थायी अस्तित्व की थी। उनमें से कुछ हिम-चादरो के किनारे के सहारे-सहारे बनी; ऐसे अवसरों पर हिम स्वयं झील का एक किनारा बनाती थी। इस प्रकार की झीले हिम के पिघलने के पश्चात् विलुप्त हो गयी।

विशालतम उपान्त प्रदेशीय झीलो (marginal lakes) में से अगासीज (Lake Agassiz) नाम की झील उत्तर की रेडनदी (Red River) की घाटी में स्थित थी (चित्र २८३)। जब यह झील सबसे बड़ी झील थी तब इसकी लम्बाई लगभग

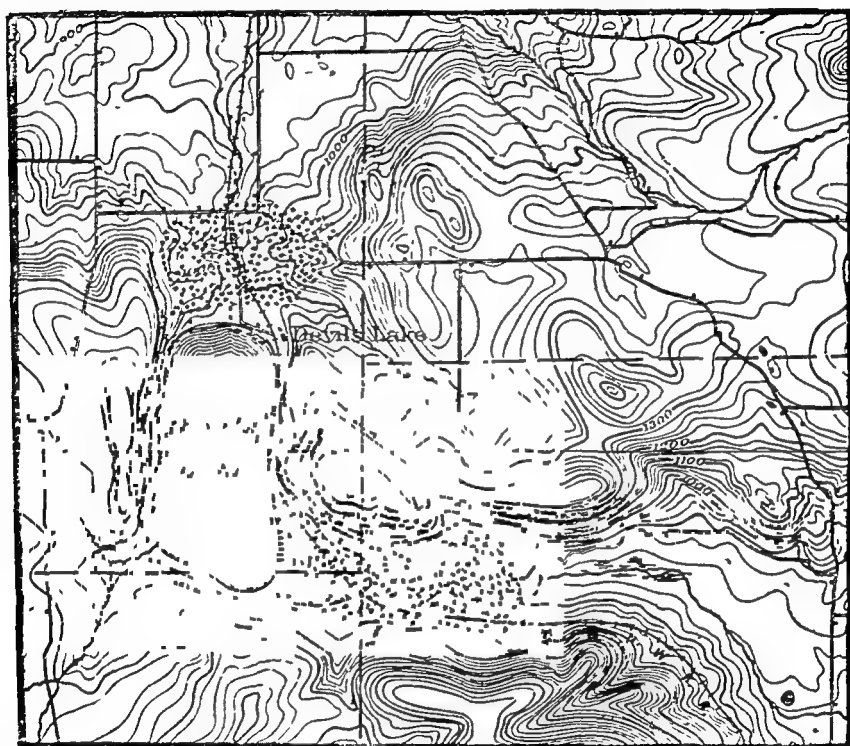


Fig. 282

Sketch showing a lake in a former river valley, held in by drift dams. The dotted areas are terminal moraines.

१,१०० किलोमीटर (७०० मील) थी, और इसकी अधिकतम चौड़ाई लगभग ४०० किलोमीटर (२५० मील) थी। इसका क्षेत्रफल लगभग २,८६,००० वर्ग किलोमीटर (१,१०,००० वर्गमील) अथवा सम्पूर्ण बड़ी झीलों के सम्मिलित क्षेत्रफल की अपेक्षा उनका लगभग $\frac{1}{4}$ और अधिक था, किन्तु जल अधिक गहरा नहीं था। यह झील तब बनी थी जबकि उत्तर की ओर की हिम ने उस दिशा में अपवाह (drainage) को बाधा उपस्थित की और द्रोणी में पानी ऊपर को तब तक उठता गया जब तक कि वह ऊपर से बहकर दक्षिण में नहीं चला गया। जब उत्तर की हिम पिघली तब उस दिशा में एक नवीन और अधिक नीचा निकास-मार्ग (outlet) खुल गया और झील

(३) सम्भवतः द्रोणियों के स्थलों के नीचे की ओर मुड़ जाने (warping—समावलन) के कारण ।

अपोढ की अनियमित व्यवस्था ने भी नदियों को अव्यवस्थित (deranged) कर दिया । हिम के पिघल जाने के पश्चात् तल के जल के निकास ने अपने लिए उन

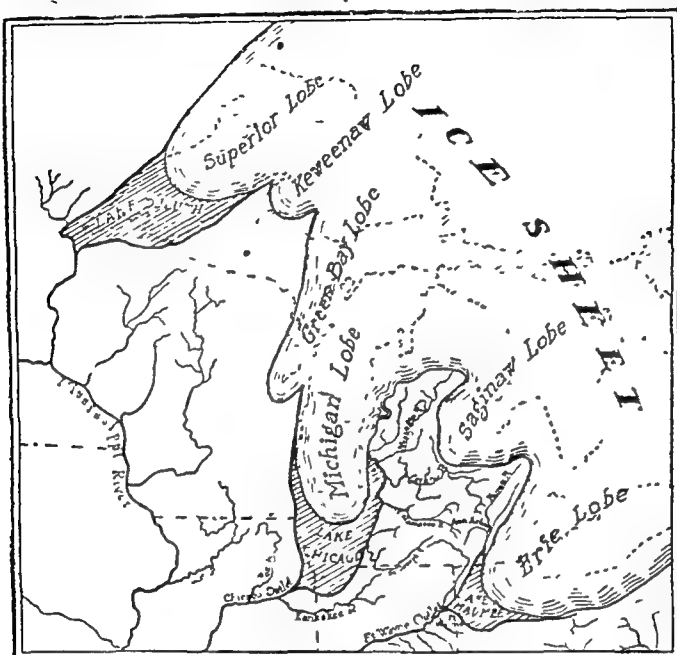


Fig. 284

The beginning of the Great Lakes. The ice still occupied the larger parts of the present lake basins. (After Taylor and Leverett, U. S. Geological Survey)

निचले मार्गों का अनुसरण किया जो उसे मुगमता से प्राप्त हो सके, किन्तु ये मार्ग मदैव ही पहली घाटियों के अनुरूप नहीं थे, क्योंकि उनमें से कुछ तो भर दिये गये थे और अधिकांश कुछ स्थानों पर रुक गये थे । अतएव हिम के पिघल जाने के पश्चात् तल के जल ने कुछ स्थितियों में पहले की ही घाटियों का अनुसरण किया, और अन्य स्थितियों में जल गेमे क्षेत्रों में होकर प्रवाहित हुआ जहाँ पहले घाटियाँ नहीं थी । अपने नवीन मार्गों के चुनाव में सरिताएँ जहाँ-तहाँ उत्प्रपातों (cliffs—खड़ी चट्टानों) के ऊपर में गिरी अथवा प्रपाती ढालों (steep slopes) से नीचे की ओर बहने लगी । इस प्रकार प्रपातों (falls) और द्रुतवाहों (rapids) का निर्माण हुआ, जो हिमनदियों के क्षेत्रों की सरिताओं में साधारणतया मिलते हैं । चित्र २८८ और २८९ ऊपरी ओहियों की द्रोणी में अपोढ के निक्षेपण द्वारा किये गये जल-निकास (drainage) के परिवर्तनों का कुछ अंश तक आभास देते हैं ।

हम पहले ही देख चुके हैं कि द्रुतवाह और प्रपात तरुण सरिताओं के चिह्न

होते हैं। अधिकांश झीले भी तरुण अवस्था की द्योतक होती हैं। सामान्यतः नदियाँ झीलों की शत्रु होती हैं क्योंकि उनमें से बाहर जाने वाला जल उनकी मोरियाँ अथवा जल के निकास के मार्ग (outlets) काट डालता है और उनमें (झीलो) आने

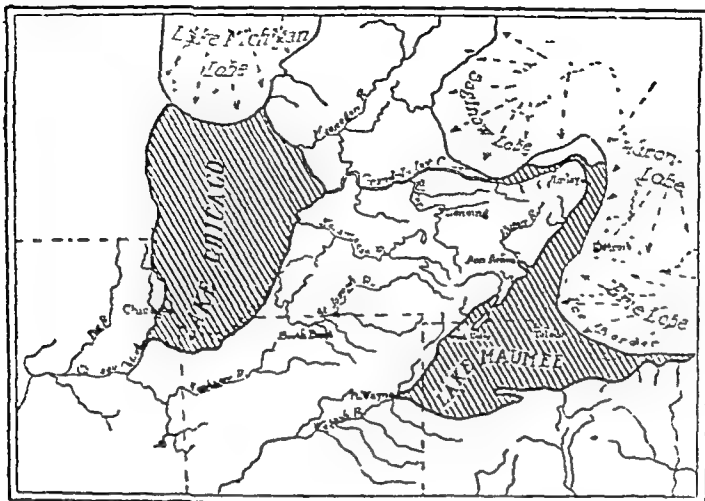


Fig 285

A later stage in the development of Lakes Chicago and Maumee. The ice has retreated, and the outlet of Lake Maumee has been shifted.

(After Leverett and Taylor, U. S Geological Survey)

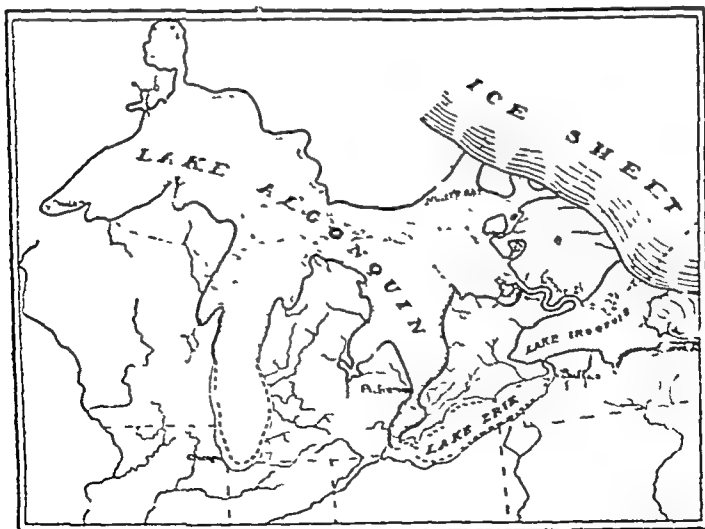


Fig. 286

The Great Lakes at the Algonquin Iroquois stage, much later than the stage shown in Fig 285. (After Taylor)

वाला जल झीलो में तलछट लाकर जमा देता है जिससे वे उथली होती जाती हैं। अनेक छोटी झीले इन विधियों द्वारा पहले ही समाप्त हो चुकी हैं और अनेक अन्य झीले पर्याप्त रूप में पहले की अपेक्षा छोटी हो गयी हैं। यह तथ्य कि आज भी इतने प्रपात, द्रुतवाह, झीले आदि हिमनदियों के क्षेत्रों के भीतर वर्तमान हैं, यह स्पष्ट करता है कि अन्तिम हिम-चादर के पिघलने के पश्चात् अभी इतना पर्याप्त समय व्यतीत नहीं हुआ है कि उसकी ये विशेषताएँ नष्ट हो जायँ। हिमनदियों से युक्त

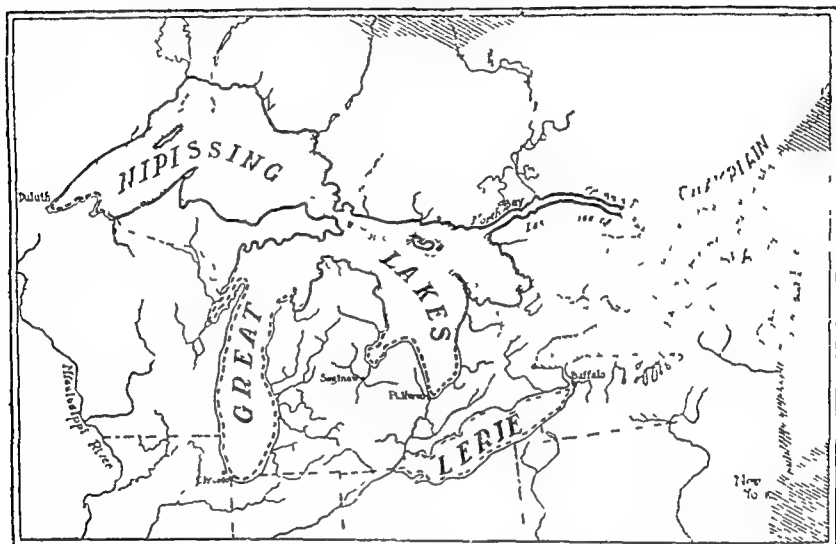


Fig. 287

A later stage of the Great Lakes. The sea is thought to have covered the area shaded by lines at the east, after the ice-sheet had melted (After Taylor)

क्षेत्रों में दलदलों की भी अधिकता है। कुछ अवस्थाओं में ये दलदल पहली झीलों एवं जलाशयों के तलों का प्रतिनिधित्व करते हैं और अन्य अवस्थाओं में वे केवल अति उथली द्रोणियाँ होते हैं जो जलराशि को पर्याप्त गहराई तक धारण नहीं कर सकती ताकि उनमें पौधों का उगना वन्द हो जाय।

अन्तिम हिम-चादर के बाहर के अपोढ़ के क्षेत्र की अपेक्षा अन्तिम हिम-चादर से ढके क्षेत्र में झीले, जलाशय, दलदल, प्रपात, द्रुतवाह इत्यादि अत्यधिक हैं। ऐसा प्रधानतः इस कारण है कि अपोढ़ का सबसे दक्षिणी भाग, जैसा कि आज दिखाई देता है, अधिक प्राचीन है और पर्याप्त समय तक वर्षा एवं नदी अपक्षरण को झेल चुका है जिनके कारण तल के जल के निकास (surface drainage) ने अधिकांश झीलों को नष्ट कर दिया है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि हिमयुग का सबसे प्राचीन अपोढ़ उसके नवीनतम अपोढ़ की अपेक्षा कई गुना (सम्भवतः पच्चीस गुना अथवा उससे भी अधिक) अधिक प्राचीन है।

स्तरयुक्त अथवा स्तरित अपोढ़ (Stratified drift)—घाटी निक्षेप (valley

किन्ही-किन्ही स्थानों में मिट्टी की उत्तमता को हानि पहुँची है क्योंकि अनेक क्षेत्रों में अपोढ पथरीला है और उसको कार्य के योग्य स्थिति में लाने के लिए अधिक श्रम की आवश्यकता होती है। कुछ स्थानों में यह अत्यधिक बालू और बजरी से पूर्ण होने के कारण अच्छी मिट्टी के बनाने के लिए अयोग्य भी है, तथा अन्य स्थानों में इसका तल इतना अधिक असमान होता है कि सफलता के साथ कृषि हो ही नहीं सकती है। इन परिस्थितियों के अतिरिक्त कुछ अन्य परिस्थितियों में, जैसे कि न्यू-इंग्लैण्ड के अधिक भाग में, हिम ने अपोढ का एक पतला और पथरीला आवरण छोड़ा है जो एक विषम पहाड़ी तल को ढके हुए है। इसके साथ-साथ एक कुछ अनुपयुक्त जलवायु के मिल जाने के कारण भी इस प्रदेश के अधिकांश में कृषि करना लाभदायक नहीं रह गया, और इस कारण यहाँ आरम्भ से ही मछली पकड़ने के व्यवसाय का विकास हुआ है। प्रदेश के अधिकांश में मिट्टी कम उपजाऊ होने, तथा पर्याप्त जल-शक्ति मुलभ होने से न्यूइंगलैण्ड एक कृषि देश न होकर एक निर्माणकारी (manufacturing) क्षेत्र बन गया है।

इन प्रतिकूल परिस्थितियों के होते हुए भी, सामान्यतः ऐसा ज्ञात होता है कि संयुक्त राज्य के हिमाच्छादित क्षेत्रों को हिम के कार्य से पर्याप्त लाभ हुआ है।

झीले और तट

(LAKES AND SHORES)

सामान्य तथ्य

(General Facts)

परिभाषा (Definition)—सामान्यतः एक झील एक अन्तर्स्थलीय (inland) अचल जल की राशि होती है जिसका आकार प्रायः एक कुण्ड (pool) अथवा ताल (pond) से बड़ा होता है, किन्तु इस नाम का प्रयोग कभी-कभी (१) किसी नदी के चौड़े हुए भागों के लिए भी होता है (चित्र २६०); (२) जल

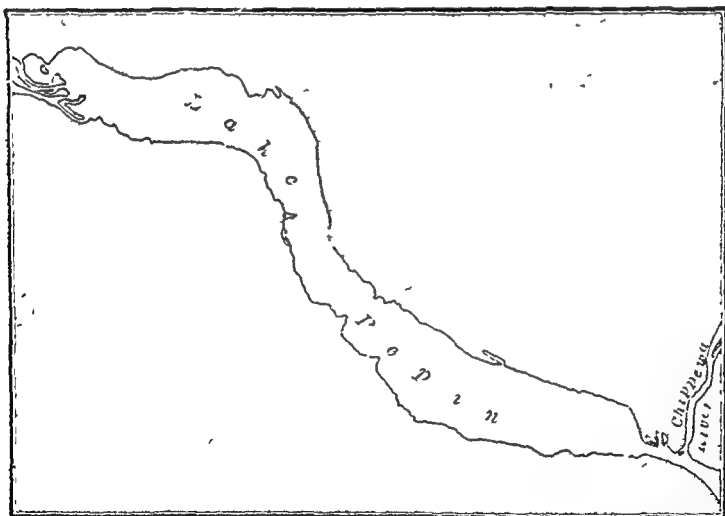


Fig. 290

Lake Pepin, a widened part of the Mississippi River between Wisconsin and Minnesota. Maximum width about 4 metres. The widening of the river is apparently due to the detritus brought down by the Chippewa River and deposited in the Mississippi (*Miss. Riv. Com.*)

के उन भण्डारों के लिए भी होता है जो समुद्र के तटों के समीप हैं, चाहे उनका तल समुद्र के तल के बराबर ही क्यों न हो; और (३) उन जलराशियों के लिए

भी होता है जिनका सागर से सीधा सम्बन्ध होता है (पृष्ठ २०)। कुछ जलराशियाँ झीलों के ही समान होती हैं, किन्तु फिर भी वे झीलें नहीं कहलाती हैं, झीलों और इन अन्य जलराशियों के मध्य का अन्तर लोगो ने कुछ-कुछ मनमानी दृष्टि से स्थापित किया है। नदी के किमी भाग को झील कहा जाने से पूर्व नदी के उस स्थान के जल को किसी निश्चित मात्रा तक चौड़ा होने के लिए बाध होना पड़ता है। नदी की चौड़ाई की यह मात्रा झील के आकार के समान ही मनमानी है। संयुक्त राज्य के भीतरी भाग में साधारणतया यह अर्थ लगाया जाता है कि जल की वह स्थिर राशि जो झील की अपेक्षा छोटी और उथली होती है, कुण्ड (pond) कहलाती है। किन्तु यह प्रयोग मार्मभौमिक नहीं है, क्योंकि कुछ सुन्दर-मुन्दर झीलें (उदाहरण के लिए, न्यूजरसी प्रान्त में ग्रीन पौण्ड) कुण्ड कहलाती हैं। कुण्ड और झीलें अन्तर्स्थलीय सागरों, खाड़ियों, और अनूपों (lagoons) से भिन्न होती हैं। इस अन्तर को निम्न भाँति से स्पष्ट किया जा सकता है—(१) कुण्ड एवं झीलें महासागरों से अधिक पूर्णता से (अधिकांश अवस्थाओं में पूर्णतः) पृथक् होती हैं; और (२) उनका अधिकांश भाग समुद्र-तल से ऊँचे तल पर ही रहता है—जायद ही कभी नीचे रहा हो—किन्तु खाड़ियाँ एवं अनूपों, जो प्रायः बन्द रहते हैं, और तटीय झीलों के बीच सभी प्रकार के सम्भव क्रम (gradations) मिलते हैं। अधिकांश झीलें मीठे पानी की होती हैं किन्तु कुछ झीलें जैसे ग्रेट सॉल्ट लेक (Great Salt Lake) और मृतक सागर (Dead Sea) स्वयं समुद्र की अपेक्षा अत्यधिक खारी हैं।

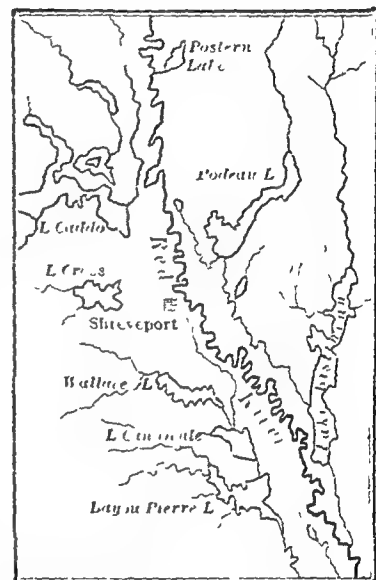


Fig. 291

Lakes along the Red River of Louisiana. The lakes are at the lower ends of the tributary streams.

झीलों का वितरण (Distribution of Lakes)

(१) अक्षांशों में (In latitudes)—अधिकांश अधाशों में झीलें मिलती हैं किन्तु निम्न अधाशों की अपेक्षा उच्च अधाशों में अधिकता से मिलती हैं। फिर भी, वे सभी उच्च अधाशों में प्रचुर मात्रा में नहीं पायी जाती हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी एशिया में उनकी सख्या अपेक्षाकृत पर्याप्त कम है। झीलों का यह वितरण पूर्ववर्ती हिमाच्छादन (glaciation) से सम्बन्धित है।

(२) पर्वतों में (In mountains)—किन्हीं-किन्हीं पर्वतीय प्रदेशों में झीलें प्रचुर संख्या में मिलती हैं; किन्तु ऐसा सभी पर्वतीय प्रान्तों में नहीं होता है। वे संयुक्त राज्य के पश्चिमी पर्वतों में, विशेषकर उत्तर की ओर, पर्याप्त संख्या में

और अधिक बड़ी (८,३२० वर्ग किलोमीटर) है। ससार की कुछ ही बड़ी झीले ऐसी हैं जिनके तल समुद्र के तल से नीचे हैं। यह तथ्य कैस्पियन सागर (—२६ मीटर), मृतक सागर (—३८० मीटर) और टाइबेरीअस सागर (—२०० मीटर) के बारे में सत्य है।

गहराई (Depth)—अधिकांश झीले प्रायः उथली हैं। १५ मीटर (५० फुट) से कम गहरी झीलों की संख्या उन झीलों की संख्या से अधिक है जिनकी गहराई इससे अधिक है। अनेक लोगों का विचार है कि बहुत-सी झीले बिना तल वाली हैं, किन्तु यह धारणा आधारहीन है। अधिकांश झीले जिन्हें स्थानीय रूप में बिना तल वाली कहा गया है, वास्तव में उथली हैं।

सुपीरियर झील की अधिकतम गहराई लगभग ३०० मीटर (१००० फुट) है और मिशीगन, ह्यूरन और ओण्टेरियो झीलों में से प्रत्येक झील की गहराई २१० मीटर (७०० फुट) से अधिक है। इनके विपरीत, ईरी झील बहुत अधिक उथली है, इसकी अधिकतम गहराई केवल ६० मीटर (२०० फुट) के लगभग है।

कुछ झीलों की गहराई बहुत अधिक है। जहाँ तक ज्ञात है, सबसे अधिक गहरी झील साइबेरिया में बेकाल झील है, जिसके विषय में कहा गया है कि उसकी अधिकतम गहराई लगभग १,४१० मीटर (४,७०० फुट) अर्थात् महासागर के अधिकतम गहरे भाग की गहराई का लगभग सातवाँ भाग है। दूसरा स्थान कैस्पियन सागर का है जो वास्तव में एक झील ही है, उसकी अधिकतम गहराई लगभग ६६० मीटर (३,२०० फुट) है। अधिक गहराई की अन्य झीले निम्नांकित हैं।

क्रैटर झील, ओरेगन (Crater Lake, Oregon) लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट); टाहू झील, कैलीफोर्निया (Lake Tahoe, California) ४९४ मीटर (१,६४५ फुट), चेलन झील, वाशिंगटन (Lake Chelan, Washington) लगभग ४५० मीटर (१,५०० फुट), और मैगियार (Maggiore), कोमो (Como) और डी गार्डा (de Garda) झीले उत्तरी इटली में, तथा मृतक सागर, जिनमें से प्रत्येक झील की गहराई ३०० मीटर (१००० फुट) से अधिक है।

अधिकांश झीलों के नितल (bottoms) समुद्र-तल से पर्याप्त ऊपर हैं, किन्तु कुछ उदाहरण ऐसे भी हैं जहाँ झीलों के नितल समुद्र के तल से भी नीचे हैं। कैस्पियन सागर के नितल में निम्नतम बिन्दु समुद्र-तल से ६०० मीटर (३,००० फुट) से भी अधिक नीचा है और बेकाल झील की द्रोणी में निम्नतम बिन्दु भी लगभग उतना ही नीचा है। ओण्टेरियो झील के नितल में निम्नतम बिन्दु समुद्र-तल से लगभग १५० मीटर (५०० फुट) नीचे है, सुपीरियर में लगभग १२० मीटर (४०० फुट) और चेलन में १२० मीटर से कुछ अधिक है। तटों के साथ की झीलों को छोड़कर, छोटी झीलों के नितल कदाचित् ही समुद्र-तल की निम्नता पर हैं, किन्तु उपर्युक्त उत्तरी इटली की तीन झीलों के सभी नितल महासागर से कई सौ मीटर नीचे हैं।

२५,६०० वर्ग किलोमीटर (१०,००० वर्गमील) से अधिक क्षेत्रफल वाली

यथा कुछ अन्य झीलों में मन्दस्त्रिय तथा दिग्गलित्विक वानिका में दिये गये हैं, किन्तु इन प्रकार के अलेखनीय विस्तर की झीलों की संख्या न के तुल्य है।

झील का नाम	अनुमानित क्षेत्रफल वर्ग किलोमीटरों में	तल की अनुमानित ऊँचाई		अनुमानित अधिक- तम गहराई	
		फुटों में	मीटरों में	फुटों में	मीटरों में
कैस्पियन	८,४०,०००	—८५	—२६	३२००	९६०
मार्मोरियन	२७,१२०	६००	१८०	१,०००	३००
विकटोरिया न्याज़ा	६७,६००	३,०००	१,११०	२४०	७२
अरल	६५,१३०	१६०	४८	१,२००	३६०
मिर्जोसल	५०५००	५०१	१६५	८६०	२६०
हङ्गल	५००३२	५०१	१६५	६००	१८०
म्यासा	३६,६००	१५००	४५०	२,३००	६९०
बैकाल	३३,०००	१,६००	५१०	५६००	१,४१०
टैगानावा	३१,०००	२,६००	८१०	२,१००	६३०
ग्रेट झील	२६,१००	३६०	११६	२६०	८१
ईरी	२५,०००	५६३	१६०	२००	६०
विन्हीपेग	२५,६५०	३१०	९४	६०	१८
बाल्टिक	२२,३६०	६००	१८०	८०	२४
ओन्टारियो	१०,०००	२६३	८१	३३०	१००
काड	११,६०० ^१ ०६,०००	६००	१८०	८००	२४०
टैटैवाका	३३००	१०५००	३६५०	६००	१८०
मुन्च मागर	६३६	—१,०६०	—३००	१,३०० ^२	३९० ^२
गार्डो	६२०	२११	६५	१,१३५	३४०
बेलन	८००	१,०६२	३२४	१,५००	४५०
बोमो	१५६	६१०	१८५	१,३६०	४००
बोटा	६५	६०३६	१०३०	२,०००	६००

यद्यपि कुछ झीलों में गनी की गहराई अधिक है किन्तु उनकी ड्रेमियों के अकारण प्रायः इन तथा में गहराई सिर्फ़ ३ से केवल गहराईयों के अल्प मात्र में बनना बिना या बचने से। सिद्ध २६३ कुछ बड़ी झीलों की ड्रेमियों के अनुमानित CROSS-SECTIONS। इत्यन्त अल्प है। अनेक छोटी झीलों की ड्रेमिया। सिद्ध २६४ अनुमानित तल से इनमें अनुमानित अन्तर्वर्ती हैं।

१. आर. सिद्ध का अर्थ है समुद्र-तल से नीचे।
२. कभी-कभी ३०६० मीटर नीचे दिया जाता है।
३. तल से १६०० मीटर की गहराई सुविधि की गयी है।
४. अर्धे और पूर्ण वक्र वक्रों के बीच का विस्तर।
५. कभी-कभी ३५१ मीटर के तुल्य नीचे की गयी है।

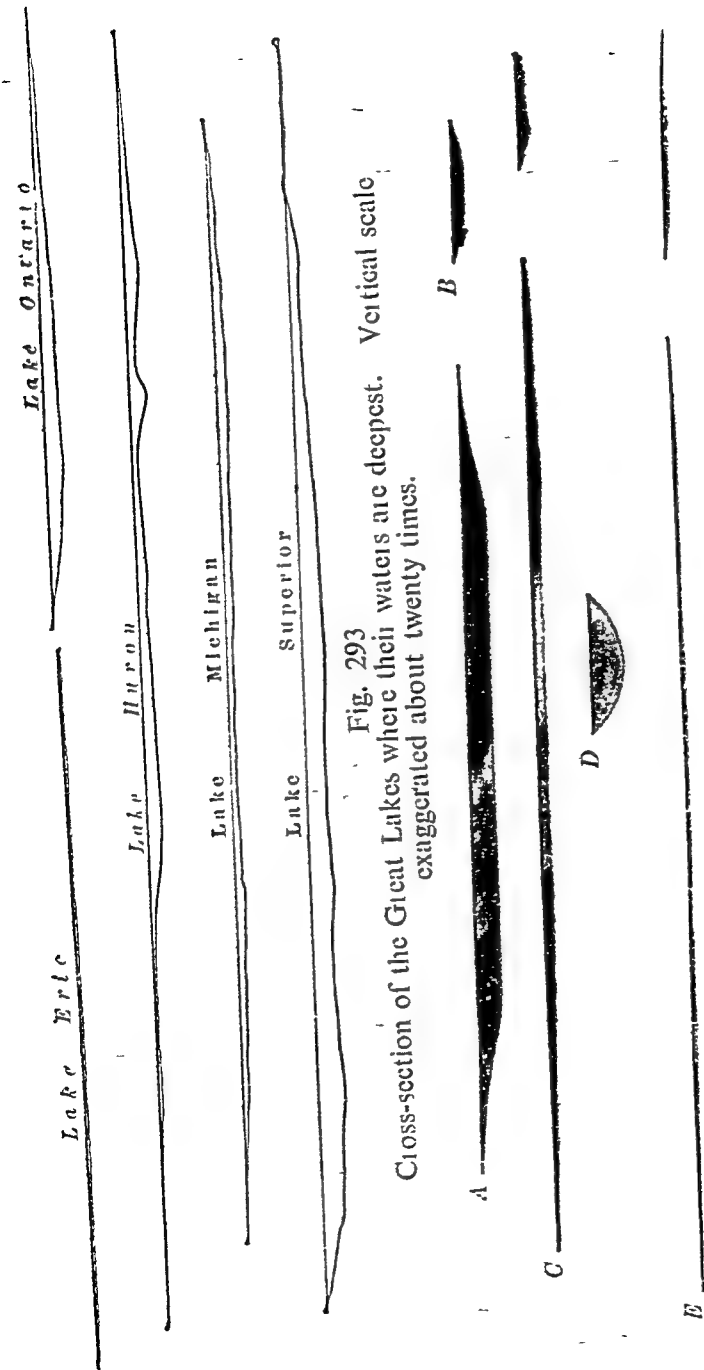


Fig. 293
Cross-section of the Great Lakes where their waters are deepest. Vertical scale exaggerated about twenty times.

Fig. 294

Sections of a series of small lakes. A, section across Lake Geneva, Switzerland, where deepest; maximum depth about 300 metres. B, section across Seneca Lake, N.Y.; maximum depth 200 metres. C, longitudinal and cross-sections of lake Katine, (Scotland); maximum depth about 167 metres. D, Section across Lake Chelan, Wash.; maximum depth about 500 metres. E, longitudinal and cross-sections of Green Lake, Wis.; maximum depth 80 metres. Horizontal and vertical scales the same. One kilometre = about one centimetric.

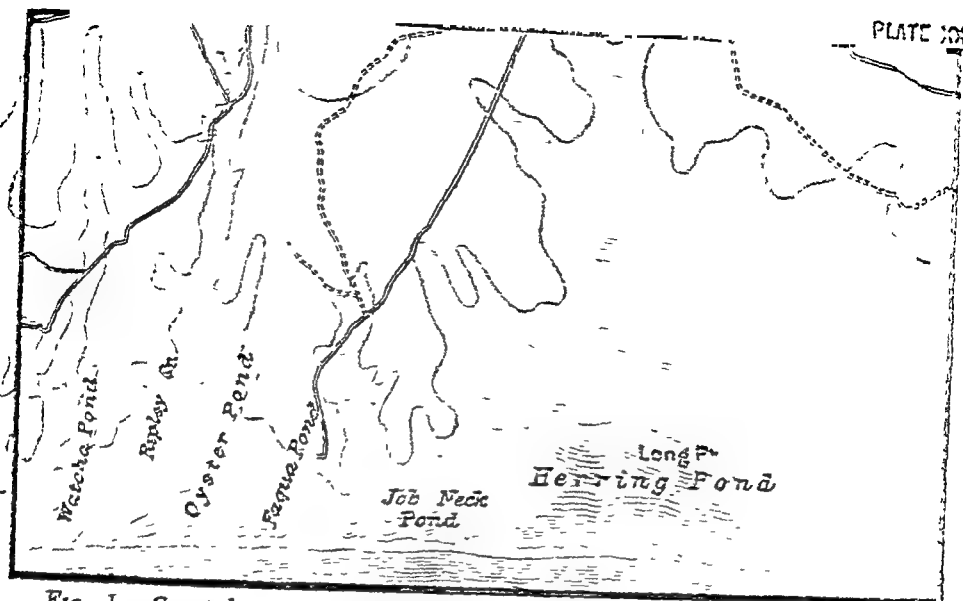


FIG. 1—Coastal lakes formed by the blocking of the ends of drowned valleys. Scale 1—mile per inch. Contour interval 20 feet. (Martha's Vineyard, Mass., Sheet, U. S. Geol. Surv.)

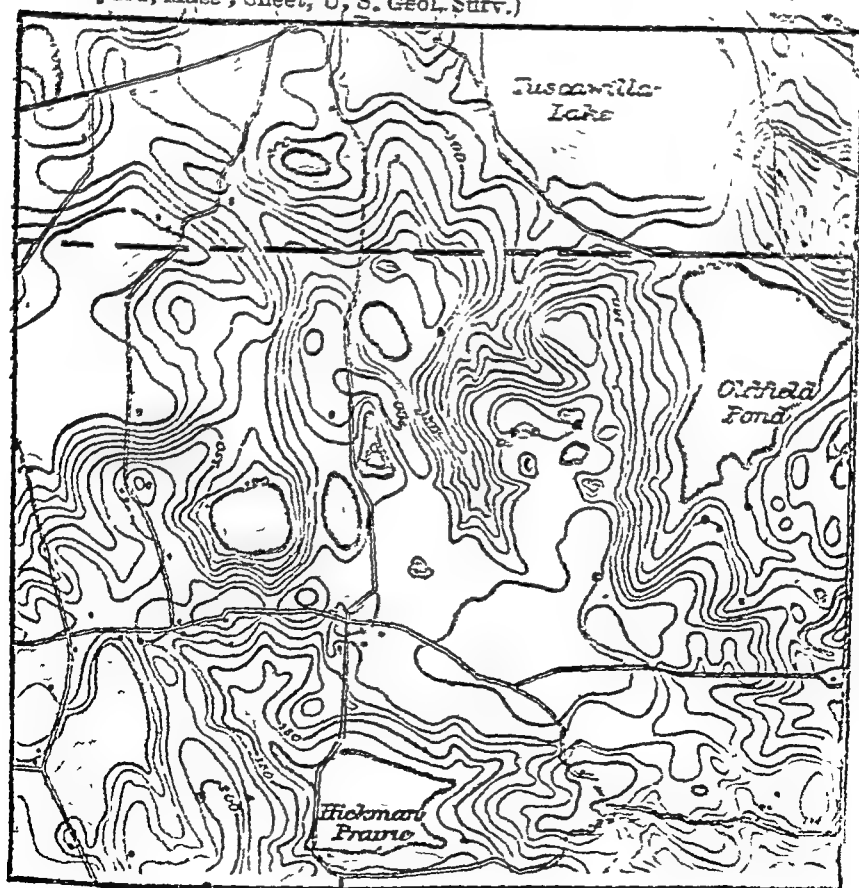
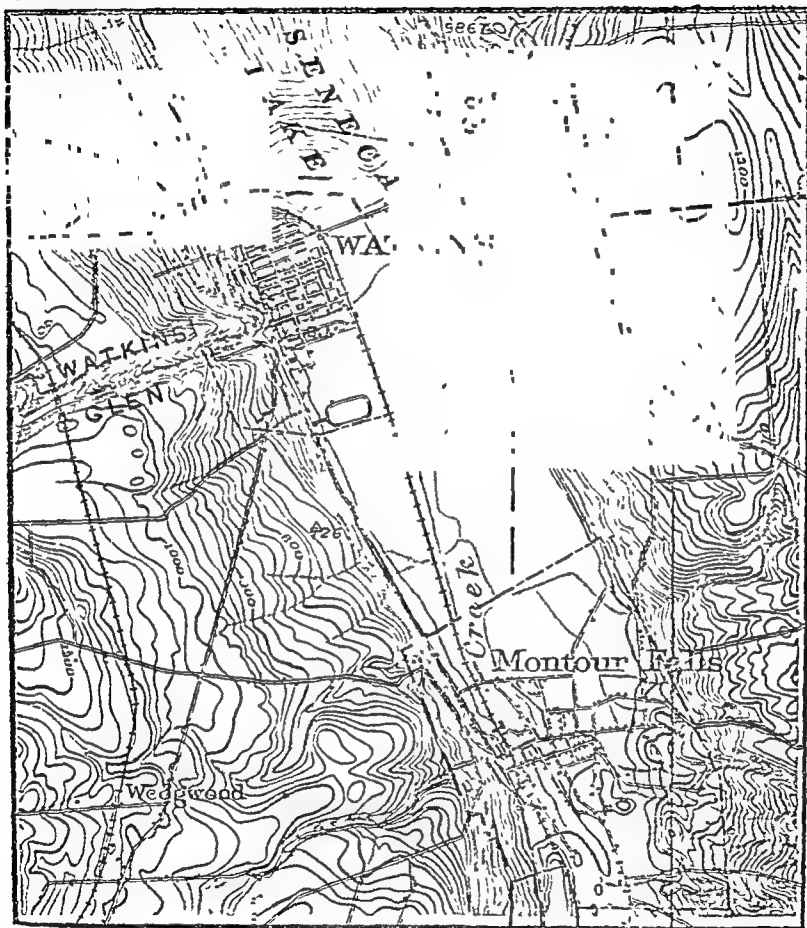


FIG. 2—A group of lakes on the coastal plain of Florida. Scale 1—mile per inch. Contour interval 10 feet. (Williston Sheet, U. S. Geol. Surv.)

PLATE XXI



The upper end of Seneca Lake, New York. The flat between Montour Falls and Watkins is a delta which has been built out into the lake by the inflowing creek. Scale 1—mile per inch. Contour interval 20 feet. (Watkin's Sheet, U S. Geol Surv)

मात्रा अथवा आयतन (Volume)—झीलों में जल की मात्रा का ठीक-ठीक अनुमान कभी नहीं किया गया है, किन्तु उनके जल की संयुक्त मात्रा समुद्र की तुलना में न के तुल्य ही है। यदि समान की समस्त झीलों का जल महामागर में डाल दिया जाए तो सम्भवतः उसमें मागर का तल एक मीटर ऊँचा भी नहीं उठेगा।

झील के जल की गतियाँ (Movements of lake water)—सभी झीलों का जल लहरों से प्रभावित होता है और अनेक झीलों के जल में भिन्न-भिन्न प्रकार की गतियाँ भी मिलती हैं। कुछ झीलों में धाराओं (currents) अथवा बहावों (drifts) की एक न्यूनाधिक सुस्पष्ट प्रणाली (system) है। किसी विज्ञान झील के एक भाग में वायुमण्डलीय दबाव द्वारा उत्पन्न आकस्मिक परिवर्तन झील के प्रत्येक भाग के तल में परिवर्तन उत्पन्न कर देता है। यदि एक स्थान पर वायुभार में वृद्धि होती है तो वहाँ पर जल का तल नीचा हो जाता है और उसके अनुसार ही दूसरे स्थान का तल ऊँचा हो जाता है। यदि स्थानीय रूप में वायुभार कम होता है तो कम वायुभार के नीचे के जल का तल ऊँचा उठता है जबकि वह अन्य स्थान पर नीचे गिर जाता है। ये परिवर्तन जब एक बार उत्पन्न हो जाते हैं तो पुनः साम्य स्थापित होने से पहले जल के तल में कुछ स्पन्दन (pulsation) होने लगता है। जल की इस भाँति की हलचलें जल-झोलन (seiches) कहलाती हैं; स्विट्जरलैण्ड की कुछ झीलों में इसका विस्तृत अध्ययन हुआ है। बहुत बड़ी झीलों में उबारभाँट भी आते हैं, यद्यपि मावागणतया उनका स्पष्ट पता तब तक नहीं लगता है जब तक कि उन यन्त्रों का प्रयोग न किया जाए जो उनकी माप के लिए बनाये गये हैं। किसी झील के किनारों के समीप गिरावट (slumping), भूकम्प आदि भी झील के जल में गति उत्पन्न कर देते हैं।

समतल परिवर्तन (Changes of level)—उन झीलों के समतल (levels) जिनके तल पर जल के निकाल के मार्ग नहीं होते, समीपवर्ती भागों में अवक्षेपण (precipitation) की मात्रा के अनुसार समय-समय पर विशेष रूप से परिवर्तित होते रहते हैं। अनेक छोटी झीलें आठ ऋतु में कई मीटर ऊँची उठ जाती हैं और मौसम की गुणवत्ता के अनुसार गुण्य ऋतु में उतनी ही गिर जाती हैं।

झीलों के अस्तित्व के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ (Conditions Necessary for the Existence of Lakes)

झीलों के अस्तित्व के लिए निम्नांकित आवश्यक परिस्थितियाँ हैं :

(१) निकालहीन गर्त (depressions without outlets), और (२) पर्याप्त जल की प्राप्ति (a sufficient supply of water)।

(१) निकालहीन अथवा निष्क्रमणहीन गर्त का अर्थ यह नहीं समझना चाहिए कि झीलों में निकाल नहीं होते हैं। इसका अर्थ यह है कि झील के निष्क्रम के स्तर (level) के नीचे प्रत्येक अवस्था में एक ऐसा गर्त रहता है जिसमें कोई निकाल नहीं होता है। यह निष्क्रमणहीन गर्त उस जल को धारण करता है जिसमें झील बनती है।

(२) जल की पर्याप्त प्राप्ति (supply—पूर्ति) का अर्थ यह है कि गर्त में निरन्तर^१ जल बना रहे। यदि किसी द्रोणी का नितल (bottom) छिद्रयुक्त पदार्थ से बना हो, जैसे बजरी, तो गर्त में पानी के निरन्तर बने रहने के लिए पर्याप्त जल की आवश्यकता बनी रहेगी। यह आवश्यकता उस दशा में कम होगी जबकि द्रोणी का



Fig. 295

If the water table about a lake is above the lake level, there will be no leakage from the lake, even if its basin be of porous material.

बना हुआ ही क्यों न हो। वायुमण्डल की आर्द्रता भी झील के लिए आवश्यक जल की मात्रा को प्रभावित करती है। आर्द्र प्रदेशों में बिना निकास के अधिकांश उल्लेखनीय गर्तों में झीले विद्यमान हैं जबकि शुष्क प्रदेशों के गर्तों में झीलों का अभाव ही है।

झील के जल के स्रोत (Sources of lake water)—झील के जल के स्रोत वर्षा, पिघली हुई शीन एव हिम, झरने एव नदियाँ और तत्काल निःस्राव (immediate run-off) होते हैं। चूँकि झरने और नदियाँ जल के लिए वर्षा और हिम पर निर्भर होते हैं अतएव यह कहा जा सकता है कि झील के जल का स्रोत वायुमण्डलीय अवक्षेपण ही होता है।

झीलों में होने वाले परिवर्तन (Changes Taking Place in Lakes)

सभी झीलों में विभिन्न परिवर्तन होते रहते हैं और ये परिवर्तन झीलों के अतीत (भूत) और भविष्य पर प्रकाश डालते हैं।

उनकी द्रोणियों का भरण (The filling of their basins)—झीलों की द्रोणियाँ निरन्तर भरती रहती हैं। अनेक अवस्थाओं में यह भरण कालान्तर में द्रोणियों को मिटा देगा और तब झील भी मिट जाएगी। भरण की यह क्रिया अनेक विधियों से होती है

(१) प्रथम तथ्य तो यह है कि सभी सरिताएँ और तल के जल जो झील में आते हैं, झील में तलछट लाते हैं, और अनिवार्य रूप से यह तलछट उनकी द्रोणियों में छूट जाता है। यह इस घटना से स्पष्ट हो जाता है कि जो सरिताएँ झीलों से निकलती हैं वे झीलों में मिलने वाली सरिताओं की अपेक्षा स्वच्छ होती हैं। किन्हीं-किन्हीं झीलों में डेल्टा भी बनते जा रहे हैं और बनने वाला डेल्टा झील के क्षेत्रफल को कम कर देता है। बहुत कम अवस्थाओं में सँकरी झीलों के बीच के भागों में

^१ कुछ अस्थायी झीले होती हैं जिनकी द्रोणियों में जल सदा ही विद्यमान नहीं रहता है।

डेल्टा बन गये हैं जिसके कारण एक झील की दो झीलें बन गयी हैं। उदाहरण के लिए, स्विटजरलैण्ड में इण्टरलेकेन (Interlaken) की झील। न्यूयार्क की फिंगरलेक्स (Fingerlakes) में से कुछ झीलों के छोरों पर डेल्टा बन गये हैं जैसा कि पृष्ठ २१ में दिखाया गया है; इन डेल्टाओं के कारण मुख्य झीलें पर्याप्त छोटी हो गयी हैं। इन झीलों के समीपवर्ती कुछ महत्वपूर्ण नगर डेल्टाओं पर बसे हैं। इथका (Ithaca) नाम का नगर इसका उदाहरण है। सतह की बाढ़ (sheet-flood) और वर्षा के जल के समस्त प्रवाह, यद्यपि वे सरिता के रूप में संगठित नहीं होते, जब किसी झील में प्रवेश करते हैं तो वे अपने माथे द्रोणी में मलवा ले आते हैं और झील को मलवे से भर देते हैं।

(२) झीलों की द्रोणियाँ लहरों के कार्यों द्वारा भी भरी जा रही हैं। झीलों की लहरे अधिकांश समय अपनी झीलों के किनारों को कुछ स्थानों पर काटती रहती हैं और स्थल का इस प्रकार का कटा हुआ मलवा अधिकांशतः झील की द्रोणी में ही जमा होता रहता है। लहरों के कटाव द्वारा झील के क्षेत्रफल का विस्तार हो सकता है परन्तु किनारों से काटे गये पदार्थ का अधिकतम भाग झील की द्रोणी में ही जमा होता रहता है।

झील की द्रोणियों को भरने और जल की मात्रा को कम करने में नदियों और लहरों का मुख्य हाथ होता है, किन्तु यही एकमात्र कारण नहीं है।

(३) झीलों में अमंज्य कवचधारी (shell bearing) जीव-जन्तु निवास करने हैं। उनके कवच की सामग्री जल में प्राप्ति होती है और जब वे प्राणी मरते हैं तो कवच नितल पर छूट जाते हैं और इस प्रकार वे वे जीव द्रोणियों को भरने में सहायक होते हैं।

(४) झीलों के, विशेषकर, उथले भागों में पौधे उगते हैं और जैतन पदार्थ (organic matter) पौधों के मर जाने पर द्रोणियों को भरने में सहायता पहुँचाता है। झील के कुछ पौधों से चूर्णक-प्रांगरीय (lime carbonate) और कुछ में निलिका (silica) नाम का पदार्थ निकलता है और ये पदार्थ द्रोणी के भरण में उम्मी प्रकार में सहायता पहुँचाते हैं जैसे प्राणियों की कवचें।

(५) वायु झीलों में स्थल में धूल और बालू उड़ान लाती है और इस प्रकार में झीलों की द्रोणियों को भरने में सहायता करती है।

इन्हीं विधियों द्वारा झीलों की द्रोणियाँ कमजोर भग्नी चली जा रही हैं।

उनके निकास (निष्क्रम) मार्ग का नीचा होना (The lowering of their outlets)—झीलों की अधिकांश द्रोणियाँ अन्य प्रकार में प्रभावित हो रही हैं। किसी झील में बहकर बाहर जाने वाला जल अपने निष्क्रम मार्ग के स्तर (level) को नीचा काट देता है और जब वह नीचा हो जाता है तो निकास के नीचे द्रोणी की गहराई कम हो जाती है। बाहर जाना हुआ जल जिस सीमा तक निकास-मार्ग को काट सकता है वह अन्तः-स्थल (base-level) कहलाता है।

झीलों का भविष्य (Fate of lakes)—यदि झील का नितल पर्याप्त ऊँचा होता है तो उनके निकास के नीचे करने की विया द्वारा झील नष्ट हो सकती है,

किन्तु जहाँ पर नितल अन्तर-स्थल से नीचे होता है, वहाँ पर नदी का अपक्षरण (erosion) निकास को उतनी ही नीचाई तक नहीं काट सकता है। ऐसी अवस्था में भरण और कटाव दोनों मिलकर उस कार्य को पूरा कर सकते हैं जिसे कटाव अकेला नहीं कर पा सकता। इन विधियों के परिणामस्वरूप ही सभी विद्यमान झीले अन्त में नष्ट हो जानी चाहिए। उनके विनाश में नदियाँ सम्भवतः सर्वाधिक महत्वपूर्ण कारक हैं, अतएव यह प्राचीन कथन है कि, “नदियाँ झीलों की घातक शत्रु होती हैं।”

कुछ झीले सूखकर नष्ट हो जाती हैं। ऐसा जलवायु के परिवर्तन अथवा झील में आने वाले जल के मार्ग के हट जाने के कारण हो सकता है।

झील द्रोणियों का उद्भव (Origin of Lake Basins)

झील द्रोणियों की उत्पत्ति अनेक भिन्न-भिन्न प्रकारों से होती है। उनमें से अधिकांश क्रमस्थापन (gradational) विधियों के परिणामस्वरूप उत्पन्न होती हैं, किन्तु उनमें से कुछ ज्वालामुखीय क्रियाओं और कुछ पटल विरूपण (diastrophism) के कारण उत्पन्न होती हैं, और यद्यपि इन अन्तिम विषयों (vulcanism and diastrophism) का अभी पूर्णरूप से अध्ययन नहीं हो पाया है, फिर भी हम उनके विषय में पर्याप्त अनुमान लगा सकते हैं कि वे स्थल के तल में निकासहीन गड्ढे किस प्रकार उत्पन्न करते हैं।

पटल-विरूपण (Diastrophism—धरातल के रूप का विगड़ना)—इस शब्द के अन्तर्गत स्थलमण्डल के तल की समस्त गतियाँ सम्मिलित होती हैं, वे चाहे ऊपर की हो और अथवा नीचे की। भू-पटल की गतियाँ विभिन्न प्रकारों से द्रोणियों को उत्पन्न करती हैं। महाद्वीपीय-मग्न-तटों (continental shelves) के ऊपर उथले जल के नीचे द्रोणियों के रूप के ही समान अनेक गड्ढे होते हैं। यदि ऐसे क्षेत्र, स्वयं ऊपर को उठकर अथवा उनके ऊपर में समुद्र के जल के हट जाने से, स्थल में परिवर्तित हो जाएँ तो नवीन स्थल के तल पर द्रोणियाँ दिखाई देगी। अतः समुद्र के नितल से निकले हुए नवीन स्थल भाग ऐसे प्रदेश हैं जहाँ झील द्रोणियाँ मिलती हैं। फ्लोरिडा और साइबेरिया के मैदानों की कुछ झीलों की द्रोणियाँ सम्भवतः इसी प्रकार से उत्पन्न हुई थीं। आरम्भ में ऐसी द्रोणियों की झीले खाली होती हैं किन्तु बाद में वे भीटे पानी की बन सकती हैं।

स्थल के क्षेत्रों में ‘तल के डठने’ (crustal warping) के कारण झील की द्रोणी उत्पन्न हो सकती है। जैसे, यदि किसी समतल क्षेत्र का एक भाग नीचे को झुक जाय और उसका पास-पड़ोस टेढ़ा न हो तो एक द्रोणी का निर्माण हो जाता है और अनुकूल जलवायु सम्बन्धी परिस्थितियों में वह झील का स्थल बन सकती है।

किसी नदी की घाटी की ऐठन (warping) द्वारा झीलों की द्रोणियों का उद्भव उसी दशा में हो सकता है कि ऐठन घाटी के एक भाग को नदी के ऊपरी किसी भाग की अपेक्षा ऊँचा बना दे। जब ऐठन ऊपर की ओर होती है तो एक बाँध बन जाता है और सरिता के ऊपरी भाग का जल एक तडाग का रूप धारण कर लेता है

और एक झील बन जाती है। स्विटजरलैण्ड में जेनेवा नाम की झील का उद्भव इसी प्रकार से हुआ बताया गया है। इस प्रकार से बनी झीलों का जीवन छोटा हो सकता है क्योंकि अधिकांश स्थितियों में बाहर की ओर बहता हुआ जल शीघ्र ही रुकावट (बाँध) को काट डालेगा।

किसी घाटी का कोई भाग 'टूटने (भ्रंशन) की क्रिया' (faulting) के कारण नीचे धँस सकता है और एक द्रोणी उत्पन्न हो सकती है। मृतक सागर और ओरेगान की झीलों की द्रोणियों की उत्पत्ति उसी प्रकार से हुई बतायी जाती है (चित्र ३८ और २६६)। एक व्याख्या के अनुसार अफ्रीका महाद्वीप की स्टेफानी, रुडाल्फ, अलवर्ट टांगानीका, लिओपोल्ड और न्यासा झीलें एक विशाल विभ्रज-घाटी (rift or sunken valley) में स्थित हैं।



Fig. 296

Section showing the structure of the rock about Abert and Warner Lake, Oregon. (*U. S. Geological Survey*)

अतीत काल में जब चट्टानों की तह लगने की क्रिया (folding of rock strata) द्वारा पर्वतों का निर्माण हुआ, तभी सम्भवतः झीलों की भी उत्पत्ति हुई। जहाँ कहीं भी स्थलमण्डल के तल में दो समानान्तर मोड़ (folds) विकसित हुई हैं वही पर उनके मध्य एक छोटी द्रोणी (trough—द्रोणिका) बन गयी है। कुछ दशाओं में ऐसी द्रोणिकाएँ सम्भवतः दोनों किनारों की अपेक्षा बीच में अधिक गहरी रही हैं और परिणामस्वरूप झीलें बन गयी हैं। सामान्यतः इस प्रकार से निर्मित झीलों का जीवन छोटा होगा क्योंकि जल की पर्याप्त निकासी के लिए उनकी स्थिति अनुकूल होती है, और बहकर जाने वाला जल शीघ्र ही उनके निकास-मार्गों को नीचा बना देगा जिसके कारण उनका जल शीघ्र ही बाहर निकल जाएगा। भ्रंशन (faulting) और ऐंठन (warping) द्वारा उत्पन्न द्रोणियों के बीच भेद करना कठिन हो सकता है, विशेषतः जबकि द्रोणियों की ठोस चट्टानों (जैल) अपोड अथवा मिट्टी के भारी आवरण द्वारा ढकी हो। भूकम्पों (earthquakes) के समय में ऐंठन द्वारा अथवा सम्भवतः अधिक सामान्यतः भ्रंशन द्वारा झीलों की द्रोणियों की उत्पत्ति का होना विदित है। सन् १८११ और १८१२ में भूकम्पों के अवसरों पर निचली मिमीसिपी की घाटी में पर्याप्त क्षेत्र नीचे को धँस गया था। इन क्षेत्रों में अधिकतम नीचे धँसा हुआ एक क्षेत्र रीलफुट (Reelfoot) झील का स्थल बन गया जिसका थोड़ा-सा भाग टेनेसी (Tennessee) और थोड़ा-सा भाग केन्टुकी (Kentucky) में मिमीसिपी नदी के सपाट (flat) में स्थित है।

ज्वालामुखीय क्रिया (Vulcanism)—कुछ ज्वालामुखी ऐसे हैं जो शान्त हो गये हैं और उनके शीर्षों में द्रोणियाँ बन गयी हैं जो चिबर (craters) कहलाती हैं।

इन विवरों में जब जल भर जाता है तो वे विवर झील (crater lakes) कहलाने लगते हैं। रोम (Rome) के निकट की नेमी झील (Nemi Lake) और नेपुल्स के निकट की आवर्नों झील इसी प्रकार की झीलों के उदाहरण हैं। ऐसी ही झीले फ्रांस में भी मिलती हैं। तड़ाग अथवा छोटी झीले अनेक स्थानों के विवरों में स्थित हैं, यहाँ तक कि नेवादा और अरीजोना (संयुक्त राज्य) जैसे शुष्क प्रदेशों में भी मिलती हैं। लावा का प्रवाह भी नदी-घाटियों के मार्ग को अवरुद्ध कर (रोक) सकता है और इस प्रकार झीलों को उत्पन्न कर सकता है। कैलीफोर्निया में स्नैग (Snag)



Fig. 297

Section across the mountains of Palestine to the mountains of Moab, showing the position and relations of the Dead Sea.

(After Blanckenhorn, from Geikie's *Sculpture*)

और जार्डन की घाटी में टिवरिया (Tiberias) नाम की झीले इसके उदाहरण हैं। ऐसी अन्य झीले फ्रांस में भी हैं और उनमें भी अधिक उन प्रदेशों में हैं जहाँ हाल के ज्वालामुखी हैं। ओरेगान में विवर झील (crater lake) (चित्र २६८ और २६९) जिसका व्यास ८-९ किलोमीटर है और जिसकी गहराई ६०० मीटर है (पृष्ठ २६८), एक ज्वालामुखी पर्वत के शीर्ष के नीचे को धँस जाने से बनी हुई द्रोणी अथवा 'निमग्न-ज्वाला-मुख' (caldera) में स्थित है। यद्यपि यह झील एक नष्टक्रिय (विलुप्त—ज्ञात) ज्वालामुखी के शीर्ष के गर्त में स्थित है तथापि इसकी द्रोणी के होने का कारण पटल-विरूपण (diastrophism) ही है, न कि ज्वालामुखी की क्रिया। यह झील ऐसे असाधारण मनोरंजन की है कि इसके पास-पड़ोस का क्षेत्र एक राष्ट्रीय उद्यान (National Park) घोषित कर दिया गया है। इसके इतिहास के विषय में प्रचलित सामान्य धारणा का स्पष्टीकरण चित्र ३०० और ३०१ द्वारा किया गया है। ये चित्र कल्पित हैं। चित्र ३०० उम ज्वालामुखी को व्यक्त करता है जिसके शीर्ष के नीचे धँसने से पहले चित्रित रूप में होने की कल्पना की गयी है और चित्र ३०१ जल से रहित वर्तमान द्रोणी को व्यक्त करता है। चित्र २६८ और २६९ में दिखाया गया द्वीप एक छोटा ज्वालामुखी शंकु (cone) है जो शीर्ष के नीचे को धँस जाने के समय से विकसित हुआ है। कभी-कभी लावा का बहाव तलों पर शीतल हो जाता है जिसके कारण तलों में परिवर्तन पैदा हो जाता है और द्रोणियाँ उत्पन्न हो जाती हैं, उन द्रोणियों में जल भर जाने में झीले बन जाती हैं।

क्रम-स्थापन (Gradation—श्रेणीकरण अथवा अनुक्रम)—श्रेणीकरण के विभिन्न कारक (agents) झीलों की द्रोणियों को जन्म देते हैं तथा उत्पन्न करने की विधियाँ भी भिन्न-भिन्न होती हैं।

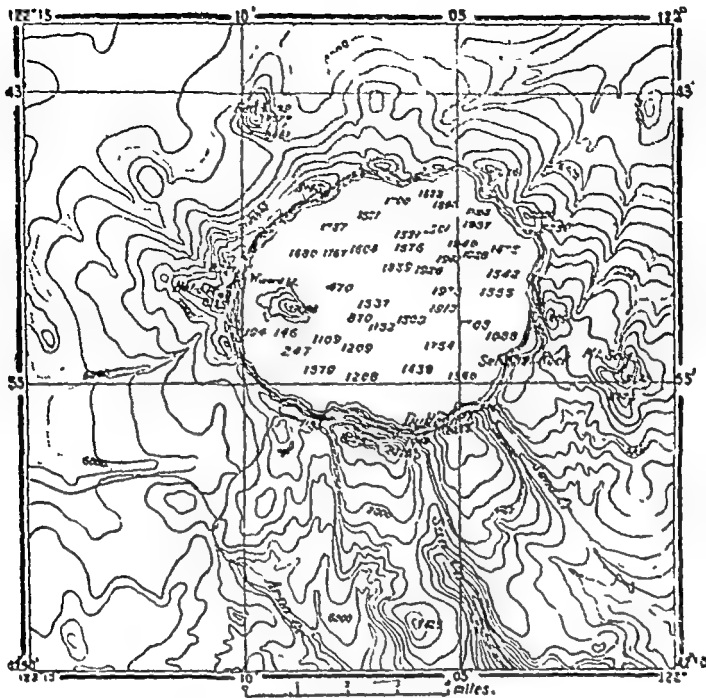


Fig. 298

Map of Crater Lake, Ore. Contour interval 60 metres (200 feet). Soundings in feet Lake surface 1872 metres (6239 feet) above the sea level.

(U. S. Geological Survey)



Fig. 299

Western border of Crater Lake from Victor Rock to Liao Rock.
(U. S. Geological Survey)



Fig. 300

Mount Mazama (the name given to the former mountain where Crater Lake now is), as it is conceived to have been before the collapse which gave rise to the lake basin. (*U. S. Geological Survey*)

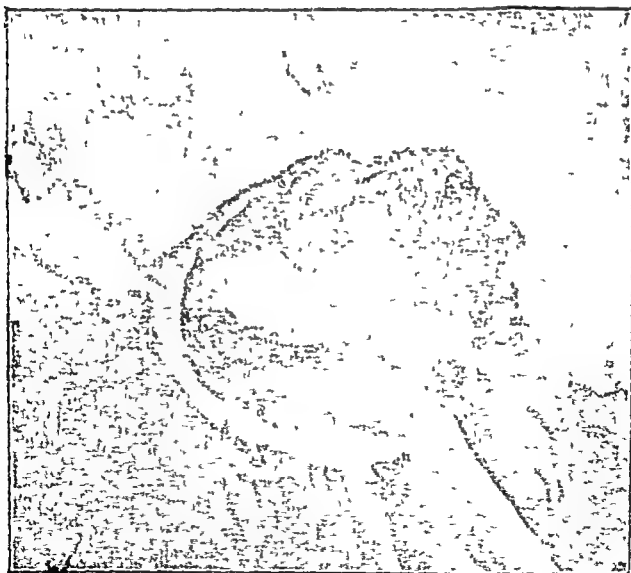


Fig. 301

The rim of Crater Lake. (*U. S. Geological Survey*)

(१) नदीकृत झीले (River lakes)—सरिताओं के बाढ़ के मैदानों पर उन झीलों का उल्लेख पहले ही किया जा चुका है, जो विसर्पण (meandering) और बाढ़ में विसर्पण के अलग कट जाने के कारण बनती हैं, किन्तु नदियों द्वारा अन्य प्रकारों से भी झीलों की उत्पत्ति होती है। यदि कोई सहायक नदी अपनी मुख्य नदी में इतना तलछट ले आती है कि मुख्य नदी उसको पूर्णतः ढो सकने में समर्थ न हो तो अतिरिक्त तलछट रुकावट (अवरोधन) के रूप में जमा हो जाता है और वह ऊपर के जल का तडाग (pond) बना देती है (चित्र २६०)। यदि कोई मुख्य नदी अपने जलमार्ग को ऊँचा बना देती है तो वह अपनी सहायक नदियों के जल के प्रवेश में रुकावट पैदा कर देती है और उनके साथ-साथ झीलों की उत्पत्ति कर देती है। लुसियाना की रैड नदी के किनारों की झीलों के विषय में पहले यही व्याख्या दी जाती थी (चित्र २६१); किन्तु अब यह विदित होता है कि इस दशा में सहायक नदियों का अवरोधन मुख्य नदी में गहतीरों (timbers) के जमा होने के कारण हुआ था, न कि सामान्य अर्थ^१ में तलछट के कारण।

यह सर्वविदित है कि कभी-कभी सरिताओं में 'वेड़े' (rafts—लकड़ी के लट्टों के तैरते हुए समूह) बन जाते हैं। 'वेड़े' उन गहतीरों के समूह रूप होते हैं जो विसर्पण करती हुई सरिता के किनारों को एकसा बनाने की क्रिया (lateral planation—समकरण) के कारण जंगलों से युक्त किनारों के घँस जाने के परिणामस्वरूप नदी में गिरते हैं। सरिता में इस प्रकार से बहते हुए वृक्ष अनुकूल स्थानों पर तटों के साथ रुक जाते हैं और इस प्रकार की रुकावट जब एक बार आरम्भ हो जाती है तो लट्टों का जमाव बढ़ता ही चला जाता है। वृक्षों की डालें अन्य तैरते हुए वृक्षों को पकड़कर और रोककर वेड़े के विकास में अत्यधिक सहायता देती हैं।

'रैड नदी (Red River) विशाल वेड़े के लिए एक विख्यात स्थान रही है। इस वेड़े का निर्माण अलैक्जेंड्रिया (Alexandria) से नीचे किसी स्थान पर आरम्भ हुआ था (चित्र ३०२) और सोलहवीं शताब्दी के उत्तरार्द्ध (latter part) तक इसका शीर्ष अलैक्जेंड्रिया के निकट तक पहुँच गया था। यह वेड़ा वास्तव में न्यूनाधिक रूप से अलग-अलग समूहों की एक शृंखला था, जिसमें से प्रत्येक नदी को पूर्णतया ढके हुए था। पहले के समूहों (early jams) के प्रभाव से नदी के ऊपरी भाग के जल का तडागीकरण (ponding) हो गया था, फलस्वरूप, नदी का जल अपने पुराने जलमार्ग को छोड़कर तट के निचले स्थानों में होकर बहने के लिए बाध्य हो गया। इस प्रकार से अलैक्जेंड्रिया से नीचे सम्पूर्ण नदी एक नवीन मार्ग में मुड़ गयी (चित्र ३०३)। नवीन निष्क्रम अथवा निकास-मार्ग के समीप बहती हुई लकड़ी के एकत्रित हो जाने से वहाँ पर अन्य जमावों के उत्पन्न होते जाने से वेड़ा यहाँ तक बढ़ता गया कि वह नदी में ऊपर की ओर लगभग २५६ किलोमीटर (१६० मील) तक बढ़ गया। सन् १८२० से १८७२ के मध्य इसके विकास की औसत गति प्रत्येक

^१ Veatch, A.C., Professional Paper 46, U.S. Geological Survey, 1906.

वर्ष लगभग $\frac{1}{2}$ किलोमीटर थी, किन्तु दो अवसरों पर बाढ़ के समय ८ किलोमीटर (५ मील) से ऊपर वेड़े के जमाव का उल्लेख मिलता है। जैसे-जैसे वेड़ा सरिता की ऊपरी धार की ओर बढ़ता गया, वैसे ही वैसे वह सहायक नदियों को रोकता गया और उनके किनारों पर झीलों को विकसित करता गया।

वेड़े के बाढ़ से बाधित भाग के निचले भाग में नदी के किनारे की झीलों के विषय में कोई उत्तम वर्णन नहीं मिलता है। प्रारम्भिक वसावट के समय इसका निचला सिरा Natchitoches के समीप था और इस नगर की स्थिति विशेषकर इस तथ्य द्वारा निश्चित की जाती थी कि रैफ्ट का आधार सामान्य नौचालन का शीर्ष था।



Fig. 302

The lakes of Red River Valley, La., at their fullest recorded development. (Veatch, U. S. Geological Survey)

वेड़े के ऊपरी भाग के किनारे की झीलों का वर्णन अधिक विस्तृत है। श्रीवपोर्ट (Shreveport) के निकट झीलों का समूह अठारहवीं शताब्दी के अन्त के समीप बना था। यह वेड़ा सन् १८७३ में पूर्णरूप से हटा दिया गया था। वेड़े के हटने से पहले वह लगभग आरकसास रेखा (Arkansas line) तक बढ़ चुका था और पोस्टन (Poston) नाम की झील की रचना कर चुका था जो उस क्रम की सबसे उत्तरी सीमा पर है (चित्र ३०२)।

वेड़े के हट जाने के बाद से श्रीवपोर्ट से २४ किलोमीटर (१५ मील) ऊपर

एक स्थान पर नदी ने अपने जनमार्ग को ५ मीटर (१५ फुट) और श्रीवपोर्ट पर १ मीटर (३ फुट) नीचा कर दिया है। जलमार्ग के गहरे हो जाने के फलस्वरूप सहायक नदियों ने अपनी घाटियों को नीचा बना लिया है जिससे उनका मुख्य नदी के साथ संतुलन हो सके और अब झीले जल को सो रही हैं। अनेक स्थानों पर जो स्थल पहले झील के जल से पूरित था वह अब कृषि कार्य में लिया जा रहा है। जब सहायक नदियों का स्थलाकृतिक संतुलन पूरा हो चुकेगा, तब अन्य क्षेत्र, जो अब भी जल के नीचे डूबे हुए हैं, कृषि के लिए मिल सकेंगे।



Fig 303

Map showing the diversion of the Red River below Alexandria.

The shaded areas are subject to overflow.

(Fetch, U. S. Geological Survey)

नदियाँ अग्न अथवा पूर्णत झीलों के उम वर्ग के लिए उत्तरदायी है जिनको डेल्टा की झीलें (delta lakes) कहा जा सकता है। लुमियाना में पोंटनारट्रेन (Pont Chartrain) झील इसका उदाहरण है (चित्र १८५)। यहाँ पर नदी द्वारा लाया

गया मलवा उथले जल के एक क्षेत्र के चारों ओर जमा हो गया था और वह जल क्षेत्र एक द्रोणी में परिवर्तित हो गया। कुछ स्थानों में किसी घाटी के आरपार कछारी-शंकुओं (alluvial cones) अथवा जलोढ़-पखों (alluvial fans) के बनने से दलदल, तडाग और झीले बन जाती हैं। कैलीफोर्निया में तुलार झील (Lake Tulare) के वेसिन (सियरा) से उतरने वाली एक सरिता, किंग नदी (King River) द्वारा बनाये गये एक जलोढ़-पख के कारण बनी हुई है।

(२) तरंगों और तटीय धाराओं द्वारा उत्पन्न झीलें (Waves and shore currents) — तरंगों और तटीय धाराएँ घाटियों के डूबे हुए जीर्णों अथवा अन्य खाडियों को बन्द करके झीलों को उत्पन्न करती हैं। अनेक तटों के समीप अनेक उदाहरण मिलते हैं (पृष्ठ २० और चित्र ३०४)।

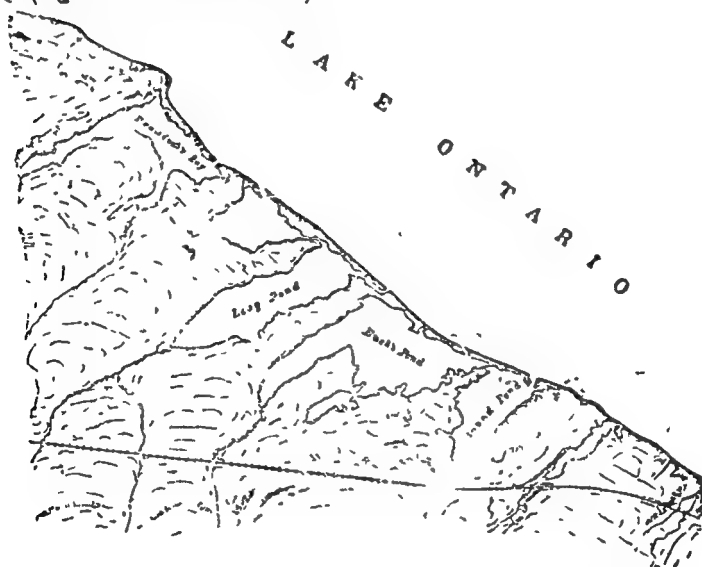


Fig. 304

Maps showing lakes (ponds) along the shore of Lake Ontario, shut off from the main lake by sand-bars (U. S. Geological Survey)

(३) हिमनदीकृत झीले (Glacial lakes) — झीलों के वितरण और पूर्व कालों में हिम के वितरण का आपसी सम्बन्ध इतना घनिष्ठ है कि उसे आकस्मिक नहीं समझा जा सकता है, और झीलों के अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि अनेक झीलों की द्रोणियाँ हिमाच्छादन के कारण उत्पन्न हुईं। हिमनदियाँ अनेक प्रकारों से द्रोणियों की उत्पत्ति करती हैं, जिनमें से कुछ का उल्लेख पहले ही हो चुका है।

(अ) कोई पर्वतीय हिमनदी किसी प्रपाती ढाल से नीचे उतरते समय उस ढाल के आधार पर एक द्रोणी खोद सकती है (चित्र ३०५)। संयुक्त राज्य की पश्चिमी पर्वतीय घाटियों और ससार के अन्य भागों में समान परिस्थितियों में सैकड़ों

झीलों की द्रोणियाँ इसी प्रकार से बनी थी। ऐसी झीले अधिकांशतः छोटी हैं और जैल द्रोणियों (rock basins) में स्थित हैं।

(आ) जहाँ पर हिमनदी असमान कठोरता की जिलाओ पग से गुजरती है, वहाँ वह मजबूत जिलाओं की अपेक्षा निरबल जिलाओ का सामान्यतया अधिक अपक्षरण (erosion) करती है और इस प्रकार से कमजोर जिलाओं में गड्ढे खोद देती है। इस प्रकार से बनी हुई झीलों की द्रोणियाँ पर्वतीय घाटियों में सामान्यतया मिलती हैं, तथा वे हिम की चादरों से ढके हुए क्षेत्रों में भी ज्ञात हैं।



Fig. 305

Shadow Lake, in a rock basin of glacial origin, near the head of San Joaquin Valley, Sierra Nevada Mountains, Cal. (Fairbanks)

उपरोक्त प्रकार की झील द्रोणियाँ हिमनदी के अपक्षरण कार्य द्वारा उत्पन्न होती हैं।

(इ) किसी पर्वतीय घाटी से उतरती हुई हिमनदी किसी सहायक घाटी के निचले सिरे को रोक सकती है और इस प्रकार ने सहायक घाटी के ऊपरी भाग में एक झील बन सकती है। इस प्रकार की द्रोणी को हिम-रोधी-द्रोणी (ice-barrier-basin) कहते हैं। स्विटजरलैण्ड में मारजेलिन सी (Marjelen See) इस प्रकार की झील का एक उदाहरण है। अनेक पुरानी वे झीले जो हिम की रुकावट के कारण बनी थी, नष्ट हो चुकी हैं, जैसे आगामीज की झील।

(ई) हिमाच्छादन द्वारा उत्पन्न झीलों की अमूल्य द्रोणियाँ जिनका निर्माण उम मलय के निक्षेपण द्वारा हुआ जो हिम द्वारा ढोये जाने पर उम तल पर त्याग दिया गया जहाँ हिम पिघल गयी थी। ऐसी द्रोणियाँ विभिन्न प्रकार की हैं— (१) पर्वतीय हिमनदियों के सीमान्त हिमोढ़ (terminal moraines) अनेक घाटियों को पार करके उनमें रुकावट डाल देने हैं और इस प्रकार की द्रोणियाँ उत्पन्न करने हैं कि उनमें झीले बन जाँती हैं (चित्र २५८)। (२) अनेक अन्य परिस्थितियों में, किसी चट्टान के ढाल के साथ अपोढ़ (drift) इस प्रकार से जमा हो जाता है कि

अपोड की मुख्य राशि और शिला के मध्य एक गड्ढा छूट जाता है। इस प्रकार की द्रोणियाँ अशत ठोस चट्टान और अशत अपोड द्वारा घिरी रहती हैं। इसके उदाहरण सयुक्त राज्य और यूरोप की अनेक झीलो द्वारा मिलते हैं। (३) अपोड किसी घाटी को दो स्थानों पर भर सकता है और उनके मध्य भाग को खाली छोड़ सकता है। यह मध्य भाग एक द्रोणी बन जाता है, और जलप्राप्ति की अनुकूल परिस्थितियों में एक झील बन जाती है। (४) अन्य झीलो की द्रोणियों की उत्पत्ति स्वयं अपोड के असमान निक्षेप के कारण होती है। सम्भवतः उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग में और उत्तरी यूरोप में, झील द्रोणियों की बड़ी संख्या केवल अपोड के तल में गड्ढों की है। जिन झीलों की द्रोणियाँ इस प्रकार की हैं वे अधिक बड़ी अथवा अधिक गहरी झीलों में से नहीं हैं।

उत्तरी अमरीका के हिमनदीयुक्त क्षेत्र के भीतर कुछ राज्यों में तडागों और झीलों की संख्या हजारों तक पहुँचती है। केवल मिनीसोटा में ही झीलों के क्षेत्रफल का अनुमान १३,००० वर्ग किलोमीटर (५,००० वर्गमील) से भी अधिक है।

अनेक हिमनदीकृत झीलों का उद्भव उपरोक्त परिस्थितियों एवं सम्बन्धों का सम्मिलित परिणाम है। यहाँ पर बड़ी झीलों (Great Lakes) का उदाहरण दिया जा सकता है। जैसा कि पहले सकेत किया गया है, उनकी द्रोणियों के सम्भवतः ये कारण हैं—(१) अशत (पूर्णरूप से नहीं) हिम आवरण के क्षयात्मक कार्यों के फलस्वरूप, जिन्होंने गड्ढों को पर्याप्त गहराई तक खोद दिया; (२) अशत इस प्रकार से अपक्षरित (eroded) मलवे की द्रोणियों के किनारों (rims) पर एकत्रित हो जाने से, और सम्भवतः (३) अशत जल के नीचे के तल के नीचे की ओर के इठाव (warping) के कारण।

अवपतित झीले (Lakes due to slumping)—घाटियाँ कभी-कभी भूमि के खिसकने के कारण अवरोध (obstructed) हो जाती हैं और इस प्रकार से द्रोणियों का जन्म होता है जो (द्रोणियाँ) झीलों में परिवर्तित हो जाती हैं। इस प्रकार की एक झील १८६२ ई० में गंगा की ऊपरी घाटी में बनी थी जो ८ किलोमीटर (५ मील) लम्बी और २१० मीटर (७०० फुट) से अधिक गहरी थी। दो वर्ष बाद वह बाँध जो पानी को बाँधे हुए था, टूट गया जिसके फलस्वरूप जो बाढ़ आयी थी उससे नीचे की घाटी को महान क्षति हुई थी।

विलयन, अपक्षयण (मौसमीकरण), पवन आदि (Solution, weathering, wind etc.)—तडागों और झीलों के योग्य द्रोणियों का उद्भव (जन्म) कभी-कभी अधोभूमि शैल (underlying rock) के विलयन (solution) द्वारा पूर्ण होता है। चूने के पत्थर (sand stone) की घोल-रन्ध्रे (sinks) तडागों और सम्भवतः झीलों के स्थान बन सकती हैं, किन्तु इस उत्पत्ति की पर्याप्त द्रोणियाँ अज्ञात हैं। कुछ द्रोणियाँ तल की चट्टान (surface rock) के विलयन द्वारा बनती हैं। फ्लोरिडा की कुछ झीलों की द्रोणियाँ सम्भवतः इसी प्रकार से उत्पन्न हुई थीं।

शैल के तल का अपक्षयण (weathering—मौसमीकरण) असमान रूप से

होता है। यदि एक क्षेत्र का अपक्षयण अपने समीपवर्ती क्षेत्रों से अधिक होता है तो अपक्षीण (weathered) पदार्थ पवन द्वारा उड़ाया जा सकता है और वहाँ एक गर्त (depression) रह जाएगा जो जल को धारण करने के योग्य होता है। पवन द्वारा उड़ायी गयी बालू (wind driven sand—पवनोद्बल बालू) ऐसे छोटे गर्तों को जो जल के कुण्डों को धारण करते हैं, खुरचनी अथवा काटती रहती है। विश्वास किया जाता है कि पैटैगोनिया की भाँति के कुछ शुष्क प्रदेशों में विंजाल द्रोणियों का उद्भव इसी प्रकार से हुआ है, यद्यपि उनमें जल नहीं है। वायूद्वारा बालू (eolian sand) निचले स्थानों के आसपास उनको समावृत (enclose) करती हुई एकत्रित हो सकती है, और इस प्रकार से दलदलों और तड़ागों की ही नहीं बल्कि झीलों तक की उत्पत्ति सम्भव होती है।

हिमनदीकृत झीले स्थलाकृतिक युग की संकेत (Glacial lakes an index to topographic age)—चूँकि नदियाँ झीलों की शत्रु होती हैं और वे सदैव सक्रिय रहती हैं; इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि पर्याप्त झीलों वाला कोई प्रदेश, यदि झीले घाटी सपाटो (valley flats) में न हो, अपनी स्थलाकृतिक तरुणाई (topographic youth) वाला प्रदेश गिना जाता है। उच्च स्थानों की झीले अपेक्षाकृत आधुनिक उद्भव की हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अभ्यास १४ देखिए।

खारी झीले

(Salt Lakes)

मागर की अधिकांश झीले मीठे पानी की झीलें हैं, किन्तु कुछ, जैसे—ग्रेट साल्ट लेक, कैस्पियन, अरल और मृतक मागर आदि; खारे पानी की झीले हैं। अधिकांश खारी झीले शुष्क जलवायु में हैं।

मीठे पानी की झीले खारी और खारे पानी की झीले मीठे पानी की झीले बन सकती हैं। ऐसा जलवायु के परिवर्तनों के फलस्वरूप होता है। शुष्कता के बढ़ने के कारण किसी मीठे पानी की झील का वाष्पीकरण झील में अन्दर आने वाले जल की मात्रा (जिसमें अवक्षेपण और आवाह (in take) सम्मिलित होते हैं) से अधिक होता है, तो झील का पानी खारी हो जाता है। यदि किसी खारे पानी की झील में वाष्पीकरण झील में आने वाले मीठे पानी की अपेक्षा कम होता है तो झील का जल मीठा होता जाना है और अनुकूल परिस्थितियों में पूर्णतया मीठा बन सकता है। इन परिवर्तनों का सर्वोत्तम ज्ञान उदाहरण ग्रेट साल्ट लेक और उसकी पूर्ववर्ती झील में, जो पहले उमी प्रदेश में स्थित थी, मिलता है। उसका इतिहास कुछ-कुछ निम्नांकित जैसा है

(१) इस द्रोणी की सबसे पहली झील मीठे पानी की झील जाना होती है। ऐसा प्रतीत होता है कि बाद में जलवायु अधिक शुष्क हो गयी, जिसके कारण झील में वाष्पीकरण की मात्रा उसके मीठे पानी के अन्दर आने वाली मात्रा से अधिक हो गयी और झील का स्तर (level) नीचा हो गया। जब जल का वाष्पीकरण हुआ

तो घोल (solution) का खनिज पदार्थ झील में रह गया। लवण भी इन पदार्थों में से एक था; और जैसे-जैसे जल का वाष्पीकरण अधिकाधिक होता गया वैसे ही वैसे शेष बचे हुए जल का खारीपन (salinity) बढ़ता गया और झील खारी हो गयी।

(२) जलवायु का दूसरा परिवर्तन, इस बार बड़ी हुई आर्द्रता की दिशा में, आरम्भ हुआ। झील में मीठे जल की अन्दर आने की क्रिया वाष्पीकरण से अधिक हो गयी और तनुता (dilution) द्वारा जल का खारीपन कम हो गया। इसके साथ ही साथ, झील का स्तर भी तब तक ऊँचा उठता गया जब तक कि उसे कोलम्बिया की ओर स्नेक नदी के मार्ग द्वारा निकास मार्ग न मिल गया। मीठे जल का निरन्तर आते रहने और तनुकृत (diluted) खारी जल का निरन्तर निकास होने के परिणाम-

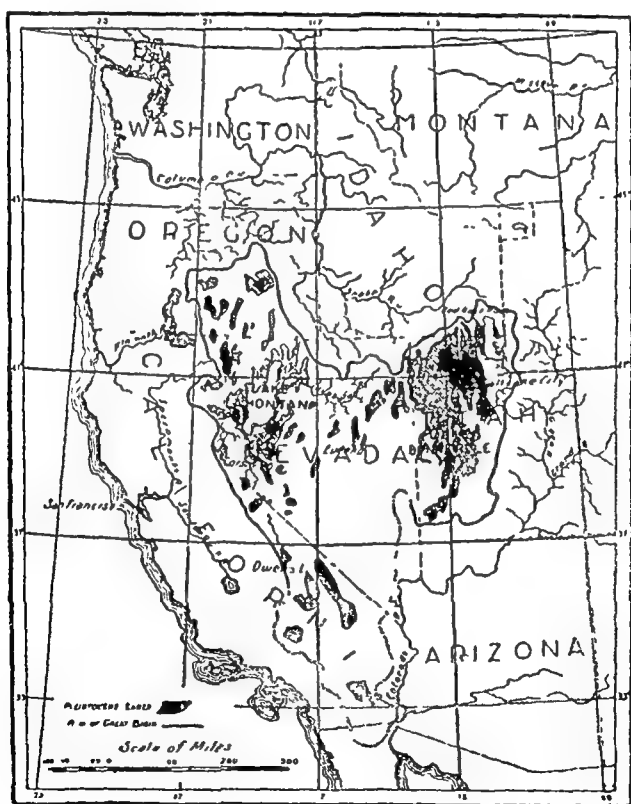


Fig 306

Former lakes of the Great Basin. Present lakes in black. (U. S. Geological Survey)

स्वरूप झील का जल उत्तरोत्तर मीठा होता गया और अन्त में वह मीठे पानी की झील बन गयी। प्राचीन विस्तृत झील को बोनेविले की झील (Lake Bonneville) कहते हैं (चित्र ३०६), जो अपने अधिकतम प्रसार में प्रायः ४४,२०० वर्ग किलोमीटर

(१७,००० वर्गमील) का क्षेत्रफल घेरे हुई थी। इसका तल ग्रेट सॉल्ट लेक के तल की अपेक्षा लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) अधिक ऊँचा था।

(३) जलवायु के दूसरे परिवर्तन ने, इस वार शुष्कता की दिशा में, बनेबिले झील को कम कर दिया। इसका तल इसके निष्क्रम (निकास-मार्ग) से नीचे धँस गया और ऐसा होने के पश्चात् इसका जल क्रमशः खारी हो गया। जल के झील में अन्दर आने की अपेक्षा अधिक वाष्पीकरण होते रहने के कारण बनेबिले की विशाल झील कालान्तर में घटकर ग्रेट सॉल्ट लेक बन गयी जिसका क्षेत्रफल लगभग ५,२०० वर्ग किलोमीटर (२,००० वर्गमील) तथा औसत गहराई लगभग ५ मीटर (१५ फुट) रह गयी। इसका जल नमक से पूर्ण है और अत्यधिक नमक जमा हो गया है।

और भी अधिक दूर पश्चिम में परिवर्तनों का एक समान क्रम पूर्ववर्ती झील लाहोन्तान (Lake Lahontan) (चित्र ३०६), और मोनो झील (Mono Lake) द्वारा प्रमाणित होता है।

साल्ट झील, तथा कुछ अन्य शान्त झीलों (extinct lake) के स्थान इतना नमक उत्पन्न करते हैं कि उनके नमक का पर्याप्त मात्रा में व्यापार किया जा सका है। कुछ वर्षों पूर्व यह अनुमान किया गया था कि ग्रेट साल्ट लेक में ४० करोड़ टन सामान्य नमक था तथा नमक के अतिरिक्त अन्य खनिज पदार्थ विशाल मात्रा में थे। इस झील के पहले वाले घोल में जो खनिज पदार्थ स्थित था, उसमें से पर्याप्त खनिज पदार्थ अब तक जमा हो चुका है। सन् १९१४ में यूटाह (Utah) ने लगभग ३,७५,५०० बैरल नमक (जिसका मूल्य लगभग २,३१,५०० डालर था) उत्पन्न किया था। शान्त एवं अन्तर्स्थलीय झीलों अथवा सागरों के निक्षेप नमक के मुख्य स्रोत हैं। किन्हीं-किन्हीं स्थानों में ये निक्षेप पर्याप्त गहरे दबे हैं। नमक के वे मुगम निक्षेप एवं वे स्थान जहाँ पशु नमक चाटते हैं ("salt-licks"), केन्टुकी (Kentucky) के ब्लू ग्रास प्रदेश (Blue Grass Region) की ही भौति ट्रांस एलैगनी (Trans-Allegheny) की असह्य प्रारम्भिक वस्तियों का ज्ञान कराते अथवा ज्ञान कराने में महायता देते हैं। [अतः यह सिद्ध होता है कि नमक के स्रोतों के समीप जनसंख्या का बढ़ जाना स्वाभाविक ही है—अनु०]।

जलवायु पर झीलों का प्रभाव (Climatic Effects of Lakes)

मयुक्त गण्डो एवं यूरोप के उत्तरी भागों में असह्य झीलों की उपस्थिति का जलवायु पर कुछ प्रभाव पड़ता है। इतना तो अवश्य ही होता है कि वे थोड़े-से विस्तार में वायु की आर्द्रता को बढ़ा देती हैं, और चूँकि स्थल की अपेक्षा जल कम मुगमता से गरम होता है और कम मुगमता में शीतल होता है, अतः झीलों का प्रभाव जलवायु को मृदु बना देता है। जब तक कि वे जम नहीं जाती हैं तब तक वे अपने पाम-पडोम के तापक्रम को पतझड़ तथा जाड़े के आरम्भ में जितना होना चाहिए उममें कुछ ऊँचा कर देती हैं और वे वसन्त के तापक्रम को घटा देती हैं। झीलों का तापमान सम्बन्धी प्रभाव मुख्यतः उस पार्श्व में अनुभव किया जाता है जिसकी ओर झील में प्रचलित पवने (prevailing winds) चलती हैं।

आर्थिक लाभ और हानियाँ (Economic Advantages and Disadvantages)

झीले मानव जाति के लिए लाभकारी है अथवा हानिकारक ? इस प्रश्न को विभिन्न दृष्टिकोणों से देखा जा सकता है ।

(१) ग्रेट लेक्स (Great Lakes) आवागमन के मार्ग का काम देती है और सस्ते परिवहन को सम्भव बनाती है । इस प्रकार वे एक अच्छे उद्देश्य की पूर्ति करती हैं, यह तथ्य उनमें होने वाले विस्तृत व्यापार की मात्रा से स्पष्ट है । (२) अनेक नगर, जैसे शिकागो, झीलो से अपनी जल-पूर्ति (water-supply) प्राप्त करते हैं । शिकागो की स्थिति कुछ इस भाँति की है कि वह विना पर्याप्त धन व्यय किये किसी अन्य स्रोत से सुगमता के साथ पर्याप्त जल-पूर्ति नहीं कर सकता था । (३) झीले खाद्य-पदार्थ की उल्लेखनीय सामग्री (जैसे मछली आदि) प्रदान करती है । (४) जलवायु को मृदु बनाकर कमसे कम कुछ न्यून सीमा तक वे कृषि व्यवसाय में परिवर्तन ला देती है । उदाहरण के लिए, प्रचलित पछुआ पवन मिशीगन झील के पूर्वी किनारे की जलवायु को इस प्रकार से मृदु बना देती है कि वह फल उत्पन्न करने के लिए अनुकूल हो जाती है, जबकि झील का पश्चिमी किनारा उन पवनो से प्रभावित है जो झील के कारण मृदु नहीं बन सकी हैं, और वे फल व्यवसाय के लिए बहुत ही कम अनुकूल होती है । इन तथा अन्य प्रकारों से झीले मानव के लिए उपयोगी हैं ।

इसके विपरीत, यह स्मरण रखना चाहिए कि झीलो जैसी जलराशियों के स्थान, उस दशा में उत्तम कृषि के क्षेत्र होते जबकि वहाँ, जहाँ वे आज हैं, द्रोणियाँ उत्पन्न न हुई होती । उदाहरण के लिए, मिशीगन झील का, जो धरातल के लगभग ५८,३७० वर्ग किलोमीटर (२२,४५० वर्गमील) भाग पर अधिकार किये हुए है, अधिक भाग सम्भवत उत्तम कृषि-योग्य भूमि हुआ होता । ऐसे उत्तम कृषि-योग्य भूमि के क्षेत्रफल का मूल्य झील से होने वाले आर्थिक लाभ की अपेक्षा कहीं अधिक होता ।

छोटी झीले आवागमन के मार्गों के रूप में महत्त्वपूर्ण नहीं होती हैं और वे जलवायु पर भी उल्लेखनीय प्रभाव नहीं डाल पाती हैं । दलदलों के विषय में भी यही बात कही जा सकती है । इसमें कोई सन्देह नहीं है कि यदि ससार की समस्त झीलों का क्षेत्रफल कृषि कार्य में आया होता तो उससे प्राप्त लाभ उस लाभ की अपेक्षा बहुत अधिक होता जो अब झीलों के किसी भी प्रयोग से प्राप्त है । किन्तु, फिर भी, झीलों का अपना एक विशेष मूल्य है जिसे सिक्कों में नहीं आँका जा सकता है । झीले भू-दृश्य (landscape) को मनोहर बना देती हैं और विश्राम एवं मनोरंजन के साधन प्रदान करती हैं जो अन्य प्रकार से प्राप्त नहीं हो सकते । इस दृष्टि से झीलों के मूल्य का सरलता-से अनुमान नहीं लगाया जा सकता है ।

किसी झील के किनारों अथवा द्वीपों पर स्थिति के कारण से प्राप्त होने वाले लाभों का जो उन किनारों के मूल निवासियों को मिल सकते थे अथवा मिल सकते हैं, आभास इस तथ्य से मिलता है कि प्राचीनतम यूरोपीय सभ्यता का उदय स्विटजरलैण्ड की झीलों के आसपास ही हुआ था और मैक्सिको तथा पीरू की झीले उन देशों की प्राचीन सभ्यताओं की जन्मभूमि थी ।

तटों की स्थलाकृतिक आकृतियाँ (Topographic Features of Shores)

झीलो में होने वाले आधुनिक परिवर्तन विषयक वर्णन के प्रसंग में झील के तटों की कुछ स्थलाकृतिक आकृतियों का उल्लेख किया गया था, क्योंकि उनका विकास झीलो की द्रोणियों के इतिहास पर और स्वयं झीलों के जीवन पर प्रभाव डालता है, किन्तु यह विषय इतना महत्त्वपूर्ण है कि इसे प्रासंगिक वर्णन में अधिक ध्यान देने योग्य मानना चाहिए।

अपने तटों के साथ-साथ झीलो द्वारा विकसित स्थलाकृतिक आकृतियाँ, समुद्र द्वारा अपने तटों के साथ-साथ विकसित आकृतियों के ही समान हैं, अन्तर केवल यही है कि समुद्री आकृतियाँ बड़े पैमाने पर होती हैं। अतएव झील-तटों की स्थलाकृतिक आकृतियों के विकास की चर्चा अपने अधिकांश विस्तार में समुद्र के तटों के लिए भी लागू है।

श्रेणीकरण (gradation) सागरो एव झीलों के तटों को सर्वत्र प्रभावित कर रहा है; पटल-विरूपण (diastrophism) अनेक स्थानों पर उन्हें प्रभावित कर रहा है; यद्यपि सार्वभौमिक रूप से नहीं, और कम से कम इस सीमा तक भी नहीं कि वर्ष-प्रतिवर्ष उसकी ओर ध्यान दिया जा सके। साथ ही तटों पर ज्वालामुखी क्रियाओं का प्रभाव अत्यन्त सीमित तथा इस प्रसंग में महत्त्वहीन है।

वर्तमान काल में तटों पर होने वाले श्रेणीकरण के परिवर्तन (Gradational Changes now Taking Place along Shores)

लहरे, धाराएँ, नदियाँ, पवन, हिमनदियाँ, तट पर बनी हिम और विभिन्न अन्य कारक (agencies), सागरो एव झीलों के तटों पर कार्य कर रहे हैं, और प्रत्येक तट-रेखा (coast-line) पर कुछ न कुछ प्रभाव डालते हैं। इनमें लहरे एव वे गतियाँ जो लहरों को उत्पन्न करती हैं, सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण होती हैं।

(१) लहरे (waves), अधोवाह (undertow), तटीय धाराएँ (shore currents)—किसी लहर का ऊपरी भाग उसका शीर्ष होता है और दो आमन्न (समीपी) शीर्षों के बीच का गर्त द्रोणिका (trough) कहलाती है। शीर्ष और नितल के बीच का ऊर्ध्वाधर (vertical) अन्तर तरंग की ऊँचाई होती है, और दो सलग्न शीर्षों के बीच का क्षैतिज (horizontal) अन्तर उसकी लम्बाई है। किसी शीर्ष अथवा द्रोणिका को तरंग की लम्बाई को पार करने में जितना समय लगता है वह तरंग की अवधि (period) कहलाती है। खुले हुए समुद्र में तूफानी तरंगें लगभग ६ मीटर से १ मीटर (२० से ३० फुट) तक की ऊँचाई की होती हैं और कभी-कभी तो उनकी ऊँचाई लगभग १५ मीटर (५० फुट) तक होती है। जैसा कि हम देखेंगे, तट पर उनकी ऊँचाई बहुत अधिक हो सकती है। विशाल तरंगों की लम्बाई किसी-किसी स्थिति में ४५० मीटर (१,५०० फुट) तक की हो सकती है और उनका वेग प्रति घण्टा १०० किलोमीटर (६० मील) तक हो सकता है। ऐसी लम्बाई और वेग औसत से बहुत अधिक हैं।

खुले समुद्र में तरंग की गति में जल की गति आगे को नहीं होती है। जल का प्रत्येक कण एक वक्र (curve) बनाता है, और सिद्धान्ततः जहाँ से कण आरम्भ हुआ था वही पर आकर रुक जाता है, यद्यपि तरंग का रूप आगे बढ़ जाता है। इसमें निहित गति का कुछ आभास अनाज अथवा घास के किसी तरंगित क्षेत्र से प्राप्त किया जा सकता है जहाँ पर प्रत्येक गतिशील तना (stem) पृथ्वी में गड़ा हुआ हो, यद्यपि एक तरंग के बाद दूसरी और दूसरी के बाद तीसरी तरंगें क्रमशः क्षेत्र को पार कर जाती हैं, अथवा रस्सी के एक उस लम्बे टुकड़े से प्राप्त हो सकता है जिसका एक सिरा बाँध दिया जाए और दूसरे सिरे को ऊपर-नीचे हिलाया जाए। क्रमिक तरंगें हिलाये गये सिरे से दूसरे सिरे तक दौड़ जाती हैं। यदि तरंग में जल उसी वेग से आगे बढ़ता है जिस वेग से तरंग-रूप (wave-form) बढ़ता है तो समुद्र नाव चला सकने के योग्य कभी नहीं हो सकता है।

चित्र ३०७ तरंगों में जल की उस गति की प्रकृति का कुछ आभास देता है जो खुले समुद्र की तरंगों में मिलती है।



Fig. 307

Diagram to illustrate the movement of water in waves. The small circles represent the movement of water particles. The full line shows one trough and two crests at one instant, and the dotted line the same feature a little later.

जब पवन अति प्रबल होती है तो तरंग का शीर्ष आगे की ओर उड़ा दिया जा सकता है, अर्थात् तरंग टूट जाती है और इस कारण उसकी गति वास्तविक तरंग की गति से स्वतन्त्र हो जाती है। जब तरंगें नहीं भी टूटती तब भी तल का जल गतिशील वायु के द्वारा कुछ सीमा तक आगे को सरका दिया जाता है।

महासागर की ऊँची तरंगें 'सागर' ('Seas') कहलाती हैं और जब कभी कोई मल्लाह 'उच्च सागर' (high sea) कहता है तो उसका अभिप्राय ऊँची तरंगों से होता है। खुले समुद्र में तरंगों की नाशक-शक्ति (destructiveness) जितनी मात्रा में उनकी ऊँचाई पर निर्भर होती है, उतनी ही उनकी लम्बाई पर भी निर्भर होती है। एक निश्चित ऊँचाई पर तरंग जितनी ही अधिक लम्बी होगी उतनी ही उसकी नाशक-शक्ति कम होगी।

किसी तूफान द्वारा उत्पन्न तरंगें जहाँ आरम्भ होती हैं, वहाँ से बहुत दूर आगे तक दौड़ जाती हैं। यदि जल गहरा होता है और तरंगें किसी द्वीप आदि द्वारा नहीं रुकती तो उनकी ऊँचाई कम होती जाती है किन्तु उनका वेग और लम्बाई वने ही रहते हैं। जिस तूफान ने उनको उत्पन्न किया था उसके समाप्त हो जाने पर वे बची हुई तरंगें महातरंग (swell) अथवा भू-उल्लोल (ground-swell) बनाती हैं। प्रचण्ड प्रभञ्जनों (hurricanes) की दशा में कभी-कभी नाशक तरंगों का प्रभाव तूफान

से लगभग १,६०० किलोमीटर (१,००० मील) की दूरी तक पहुँच जाता है। विभिन्न स्थानों में तूफानों के आते रहने के कारण खुला समुद्र शायद ही कभी पूर्णतया शान्त रहता है।

जब कोई तरंग खुले समुद्र से बढ़कर उथले जल में प्रवेश करती है तब उसमें उल्लेखनीय परिवर्तन हो जाते हैं। जहाँ जल इतना उथला होता है कि तरंग की गति जल के नितल तक पहुँच जाती है तो तरंग नितल को खींचने लगती है। उस समय तरंग का वेग और उसकी लम्बाई कम हो जाते हैं और उसकी ऊँचाई बढ़ जाती है। तब उसका शीर्ष भग्नोर्मि (surf—समुद्र-झाग) के रूप में आगे को टूट पड़ता है। अतएव प्रबल पवन और उथले जल में किसी तरंग के कुछ जल की आगे को जाने वाली गति पर्याप्त स्पष्ट होती है। जिन तरंगों में स्पष्ट अग्रगामी गति होती है वे स्थानान्तरण की तरंगें (waves of translation) कहलाती हैं। तरंग में तट के विरुद्ध फेका गया जल पुन पीछे को दौड़ पड़ता है, और यह तट की ओर से उत्पन्न गति अधोवाह (undertow) कहलाती है। अधोवाह सबसे अधिक प्रपाती ढाल (steepest slope) के नीचे की ओर दौड़ पड़ता है, किन्तु अनेक दशाओं में, आती हुई तरंगों के कारण वह तिरछा हो जाता है। भीतर आने वाले प्रत्येक तरंग-शीर्ष द्वारा भी उसकी गति रुक जाती है। जहाँ पर तरंग किसी तट से तिरछी होकर टकराती हैं, वहाँ जल न्यूनाधिक रूप में तट के साथ-साथ बढ़ता है और तट के साथ बढ़ने वाली इन गतियों का सम्मिलित रूप तटस्पर्शी अथवा समुद्रतटीय धाराओं (shore or littoral current) को जन्म देता है।

तरंगों, अधोवाह और तटीय धाराएँ सभी तट को प्रभावित करती हैं। तरंगों कुछ स्थानों पर तट-रेखा का अपक्षरण करती हैं, और ये सभी गतियाँ कुछ स्थानों में नितल का अपक्षरण करती हैं। अपक्षरण द्वारा प्राप्त समस्त तलछट कभी न कभी निक्षिप्त हो जाता है। जहाँ कहीं भी तटीय जल की गतियाँ अपक्षरण अथवा निक्षेपण करती हैं, वहाँ वे तट की बाहरी-रेखा (outline) को प्रभावित करती हैं और अनेक स्थितियों में उनके ऊर्ध्वाधर-समाकृति (vertical configuration) को भी प्रभावित करती हैं।

तरंगों में गति की मात्रा नीचे की ओर जीघ्रता से घटती है और लगभग ३० मीटर (१०० फुट) से नीचे विलकुल नहीं रह जाती है। समुद्रों में १० मीटर (३० फुट) से नीचे स्थित समुद्रीय रचनाएँ (submarine structures), जैसे प्रस्तम्भ (piers) आदि, पर इन गतियों का प्रभाव शायद ही कभी होता हो।

तरंगों के अपक्षरण कार्य (Erosive work of waves)—तरंग की शक्ति प्रायः जब वह तट में टकराती है तब अधिक होती है। कभी-कभी भग्नोर्मि (surf) ३० मीटर (१०० फुट) से अधिक ऊँचाई तक फेक दी जाती है और उसमें इतनी अधिक शक्ति होती है कि वह प्रकाश-गृहों (light-houses) तक को नष्ट कर डालती है, और ग्रेट-उत्प्रपातों (rock-cliffs) को काट सकती है। कहा जाता है कि स्काटलैण्ड के तट पर स्थित डनेट हैड (Dunnet Head) नाम के प्रकाश-गृह की खिडकियाँ

समुद्र तल से ६० मीटर (३०० फुट) होने पर भी अति प्रबल झझा (gale) में टूट चुकी हैं। कुछ दशाआ में इस प्रकार के तूफानों में दरवाजों और खिड़कियों का स्फोट (bursting), भवनों के प्रतिबल टकराने वाली भग्नाभि (surf) के पीछे लौट जाने पर, भवनों के भीतर की वायु के विस्तार के कारण ही जान होता है। ऐसा अनुमान किया गया है कि असाधारण तूफानों में ब्रिटेन के खुले हुए तट पर तरंगों की शक्ति प्रति १ वर्ग मीटर (वर्गफुट) पर ३ टन तक रही है और शीतऋतु की तरंगों की औसत शक्ति प्रति १ वर्ग मीटर पर लगभग १ टन है। ऐसी तरंगें टनों भारी शिलाखण्डों का हटा सकती हैं। अतः यह स्पष्ट है कि शक्तिशाली अपक्षरण के निम्न तरंगों की शक्ति पर्याप्त होती है।



Fig 308

Diagram to illustrate the effect of wave erosion on rocks of unequal hardness. Starting with a straight line indicated by the dotted line the erosion of the waves would develop some such outline as shown. W weak rock and S resistant rock.

यदि कोई सम तट-रेखा (regular coast line) असमान प्रतिरोधी शिलाज (rocks of unequal resistance) की बनी होनी, तो उसके सम बने रहने की सम्भावना नहीं होती, क्योंकि तरंगें अधिक निम्न चट्टान को अधिक काट देती और अधिक मजबूत चट्टान को कम काटती। फल यह होता कि अधिक निम्न शैल पर अन्तःप्रवेशी कोण (reentrants) का विकास होता, जबकि अधिक मजबूत चट्टान समुद्र में स्थल के प्रक्षेपों (projections) के रूप में बच रहती (चित्र ३०८)। जहां तक कि तरंगों के अपक्षरण का सम्बन्ध है, तट की ये अनियमितताएँ तब तब बढ़ती ही जाती जब तक कि अन्तःप्रवेशी (अंदर की ओर प्रवेश करने वाले) भाग इतने गहरा न हो जाएँ कि उनमें आती हुई तरंगों की शक्ति कम होकर अधिक निम्न शैल (चट्टान) को उसमें अधिक न काट सके जिनका कि अधिक मजबूत तरंगें उनके बीच में प्रक्षेपित (उभरी हुई—projected) अधिक मजबूत शैल के खण्डों को काटती हैं। जब यह स्थिति आ जाती है तो तट रेखा का आकार, जहां तक कि तरंगों द्वारा अपक्षरण का प्रबल है स्थायी बन जाता है। चूंकि तट रेखाएँ दानों ही

(निम्न एवं मजबूत) प्रकार की चट्टानों से बनी हुई हैं, अतः इस प्रकार की विषमताएँ निरंतर विकसित होती रहती हैं। ये विषमताएँ शीघ्र तटों की अपेक्षा समुद्र तटों पर अधिक बड़ी होती हैं क्योंकि समुद्रों की तरंगें थोड़ी की तरंगों की अपेक्षा पर्याप्त शक्तिशाली होती हैं।

जहां कोई तट अत्यधिक असमान होता है विशेषकर वहां जहां पर स्थल के प्रक्षेप समुद्र के भीतर रहते हैं वहां पर तरंगें स्थल के प्रक्षेपित भागों पर अन्तःप्रवेशी भागों की अपेक्षा, जैसे कि खाड़ियों के शीप, अधिक बल के साथ आक्रमण करती हैं। यदि तट की विषमताएँ तरंगों के अपक्षरण के अतिरिक्त किसी अन्य शक्ति द्वारा



Fig 311
A high sea cliff, La Jolla, Cal

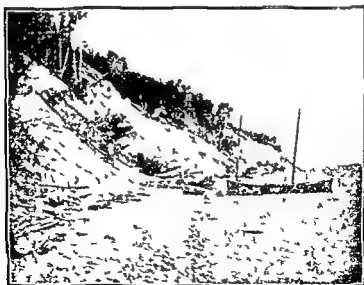


Fig 312
A high cliff with a beach, shore of Lake Michigan
(U S Geological Survey)

काय द्वारा ही प्रधान भूगण्ड में जलम हो गया है, इन्हीं क्रियाओं के कारण ही बने हैं। इस प्रकार के द्वीप सम्भवतः कानातर में उन्हीं क्रियाओं द्वारा नष्ट भी हो जाएँगे जिनके कारण वे अस्तित्व में आए हैं।

तरंगों का कटाव तट की समष्टि (configuration of the shores) का ऊर्ध्वाधर (vertical) तथा क्षैतिज (horizontal), दोनों ही रूप में, प्रभावित करता है। जहाँ समुद्र स्थल की ओर उठ रहा होता है वहाँ प्रपाती ढाल, जिन्हें सागर-उत्प्रपात (sea cliffs) कहते हैं (चित्र ३०६ ३१३), विकसित होते हैं। सागर-



Fig 313

Steep cliffs developed by waves Allen Point,
Grand Island, Lake Champlain (Perry)

उत्प्रपातों का ऊँचा अथवा नीचा होना उस स्थान की ऊँचाई पर निर्भर होता है जिसके भीतर तरंगों काटनी हैं। समुद्र-तट पर उत्प्रपातों का होना सामान्य घटना है, जहाँ उनका अभाव है वहाँ तरंगों नेट को नहीं काटनी हैं, और वहाँ समुद्र स्थल पर अग्रसर नहीं होता है, अथवा कम से कम अपने कटाव के कारण ही गया नहीं होता है। तरंगों की अपक्षरण क्रिया के साथ-साथ भू-स्खलन (slumping) के हान की भी सम्भावना रहती है।

माधारणतया सागर-उत्थपान (sea cliff) के चारों ओर एक तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका (wave cut terrace) होती है जो जल के तल के नीचे रहती है (चित्र ३०६)। माधारणतः इस वेदिका का क्षेत्रफल उम क्षेत्रफल को प्रकट करता है जिस समुद्र तरंगों के कटाव द्वारा स्थल से प्राप्त करता है।

तरंगों, तटीय धाराओं, आदि द्वारा निक्षेपण (Deposition by waves, shore currents, etc.)—तटीय जल से उच्चता बढ़ती भी है और घटती भी है। तरंगों द्वारा स्थल से काटा गया पदार्थ, अथवा नदियाँ द्वारा लाया गया पदार्थ, अधोवाह (under tow) तटीय धाराओं द्वारा स्थानान्तरित होता रहता है, किन्तु अन्त में वह स्थिर हो जाता है। जब तक यह पदार्थ तटीय जल द्वारा स्थानान्तरित होता रहता है



तब तक वह तट-बहन (shore drift)

का निर्माण करता है, चाहे वह नदियाँ

द्वारा लाया गया हो और चाहे

तरंगों द्वारा काटा गया हो। यदि तट-

बहन (shore drift) तट रेखा पर

छाड़ा जाता है तो वह पुलिन

(berch) का निर्माण करता है (चित्र ३१२, ३१४ और ३१५), जिसे कभी कभी उच्च और निम्न ज्वारा (tides) के बीच बालू, बजरी इत्यादि का क्षेत्र कहा जाता है।

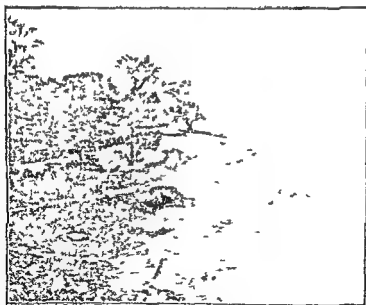


Fig 315

A lake beach (barrier), Griffins Bay, Lake Ontario, shutting in a small lagoon behind it

कुछ स्थानों में पुनः म समान वजरी और बालू के निक्षेप अधिक गहराई पर बहा पर बनते हैं जहाँ कि पदार्थ अवावाह (under tow) एवं उन नदीय प्रवाहों द्वारा ढाया जाता है जो तट रेखा से दूरगी जाए को मुड़ जाती है। कुछ स्थानों पर टीरों जाने पर यह तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका (terrace) के बाहरी किनारे पर निक्षिप्त होता है (चित्र ३०६), और कुछ अन्य स्थानों में जहाँ तरंगों द्वारा काटी गयी वेदिका नहीं होती है, वहाँ यह तट के साथ साथ वेदिका के रूप में निक्षिप्त होता है (चित्र ३१६)।



Fig 316

A wave built terrace (Gilbert, U S Geological Survey)

कुछ स्थानों में तरंगों तट रेखा में गड्ढा बाहर हटकर भित्तियाँ (reefs) जवाब स्कावट डालने वाली भित्तियाँ (barriers) बनाती हैं। वे भंगामियाँ (breakers) की पक्ति के समीप बहा पर बिखरित होती हैं जहाँ पर कि आती हुई तरंगों अपने साथ तट की आग लाय गये मल के अग्रिम भाग को जाए भी अविक आग की ओर टोने में असमर्थ हो जाते हैं। जवाबों भी भित्ति का पदार्थ प्रदान कर सकती हैं। कुछ स्थानों में इस प्रकार की भित्तियाँ तट एवं एक दूसरे के समानांतर होती हैं। राखियाँ (bars), भित्तियाँ (reefs) इत्यादि समुद्री जहाजों की गिनियाँ को भी राख सकती हैं जैसे वेदिकाओं में व प्रवेश मार्ग जिनको इन्होंने बंद कर दिया है। साधारणतया भित्तियाँ नावों के चलाव में बाधा डालती हैं। भित्ति के विकसित हो जाने के पश्चात्, तरंगों उनके शीर्षों का निर्माण जल के तल से ऊपर कर सकती हैं और इस प्रकार में उस स्थान में परिवर्तित कर देती हैं (चित्र ३१७)। तटों के समानांतर बलुई भूमि की जननी नीची एवं मर्यादित पट्टियाँ, जिनमें पीछे की ओर दलदलें और जलपट्टियाँ (lagoons) भर पड़ें हैं, इसी प्रकार के उदभरण की ज्ञान होती हैं। इस प्रकार की विपरीतता 'यूनाइटेड स्टेट्स' के बीच विभिन्न स्थानों पर समुक्त राज्य के तटों द्वारा निर्दिष्ट होती हैं (चित्र ३१८)।

तटवर्ती धाराएँ (littoral currents) तलछटों का अपनी गति का दिशा में जानती हैं, किन्तु जहाँ कोई बाधा किसी खाड़ी में पहुँचती है, वहाँ वह साधारणतया खाड़ी की रूपरेखा (outline) का अनुसरण नहीं करती है बल्कि वह उसके मुहाने (mouth) का पार करके उसी दिशा में बहने का प्रयत्न करती है जिस दिशा में वह पहले बह रही थी। इन परिस्थितियों में वह खाड़ी के जागपाग वजरी और बालू का एक दीर्घ



Fig 317

Section of a barrier (Gilbert U S Geological Survey)

वनान का प्रयास करती है। ऐसे वाया (embarkments) को जिह्वा (spit) कहते हैं। धाराएँ जिह्वाओं को जल के ऊपर नहीं बनाती हैं, बल्कि तरंगे उनका ढाला से पदार्थ को उठाकर उनके शीप के भाग तक ला सकती हैं और उस परिणाम की पूर्ति कर सकती हैं (चित्र ३१७)। इस प्रकार से स्थल भाग बन सकता है जिससे बाद उनके ऊपर टिन्ड्र (dunes) विकसित हो सकते हैं। जब जिह्वाएँ ग्राइविया को पार कर जाती हैं तब वे रोधिकाएँ (bars) बन जाती हैं (चित्र ३१६ और ३२०)। कुछ जिह्वाएँ और रोधिकाएँ अपने निर्माण राल में धाराओं के स्थानान्तरण (shifting) के फलस्वरूप अकुशयुक्त (hooked—साकुश) बन जाती हैं (चित्र ३२१)।

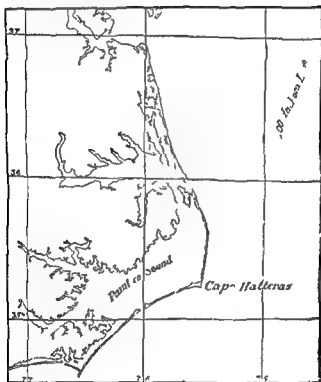


Fig 318

Map showing the early stages in the simplification of a shore line and showing that at this stage the irregularities are increased

जिह्वाएँ तथा अकुश अपने बंदरगाहों को निर्मित कर रहे हैं, और इस प्रकार उहाँ अनेकानेक बस्तियाँ और नगरों की स्थितियों को निर्धारित किया है। प्रोविंस-टाउन (म० ग०) (Provincetown U S) नाम का बंदरगाह एक विशाल अकुश से बना है जहाँ पर तीर्थयात्री पहले उतरते थे, और जिस बंदरगाह के तट पर अंत में उन्होंने अपना निवासस्थान चुना, वह एक विशाल जिह्वा द्वारा निर्मित

है। पवित्रनिता में उगी का स्थिति एक समान तट पर एक प्रमुख-निमित्त प्रत्यक्ष द्वारा ही निश्चित हो था।

यदि तट-पट्ट (shore drift) मुख्य भूमि के साथ-साथ चला जाता है तो समान रूप से स्थान का विस्थापन होता है। ता तट-पट्टा निश्चित द्वारा विस्तृत होता है, वह अप्रत्यक्ष द्वारा विस्तृत होता है तट-पट्टा के विस्तार होता है स्थिति प्रथम में समुद्रा उपचार नहीं होता है। भित्ति तथा विज्ञानों में विस्तृत भूमि अप्रत्यक्ष रूप में तट-पट्टा का विस्तार का अप्रत्यक्ष प्रमाण होता है (चित्र ३१८), किन्तु यह विस्तारों के कारण में समान है विस्तार में एक प्राकृतिक स्वर की प्रतिनिधि होता है, क्योंकि भित्ति के स्वर पर जान के बाद, उन पर पोंटे के जलपा (lagoons) का तट-पट्ट, चान पदार्थ (organic matter) इत्यादि में भर जान और स्थान में परिवर्तित हो जान की सम्भावना रहता है (चित्र ३२०)। जा तट-पट्ट हम उद्देश्य का पूर्ति में महत्वपूर्ण होता है वह स्थान में धुनकर जलवा पवन द्वारा उठा कर लाया जाता है। जल जल (lagoon) भर जाता है ता तट-पट्टा पहल की अपना अधिक सम हो जाता है किन्तु भित्ति-स्थान के निर्माण का प्रथम प्रभाव तट की अधिक विषम बनाने का होता है।

तट-पट्टा का समान बनाने के लिए तटों के साथ-साथ निम्न का व्यवस्थापन प्रकार में भी दर्शा जाता है। कुछ स्थानों में मुख्य भूमि के तट के समानवर्ती द्वीपों तथा स्वर मुख्य भूमि के बाह्य निक्षेप उत्पन्न हैं (चित्र ३२० और चित्र ३२३) मैसाचुसेट्स (Massachusetts, U S A) के तट पर नाहान्ट द्वीप (Nahant Island) और स्थान के तट पर गिब्राल्टर का शिखर (Rock of Gibraltar) तथा एक तट-पट्टा प्रवाह (shore currents) के निर्देश द्वारा ही मुख्य भूमि में जुड़ता है। यद्यपि तट-पट्टा की एक शिखा मुख्य भूमि की एक विषम विस्तार का उत्पन्न करती है, तथापि यह स्थान जल का स्थानांतरण का एक प्रमाण होता है कि यह द्वीपों का मुख्य स्थान में मिला जाता है।

(२) नदियाँ (Rivers)—नदियाँ तटों पर जलवा तटों के समान ही बहती हैं निश्चित करती हैं। नदियाँ के अप्रत्यक्ष का तट-पट्टा का अतिवृद्धि (configuration) पर बड़ा प्रभाव नहीं पड़ता है, यद्यपि यह निश्चित स्थानों का



Fig 319
Map of the head of Lake Superior
(U S Geological Survey)

विकसित अवश्य कर देता है और इस प्रकार तट की ऊर्ध्वार समाकृति का प्रभावित करता है। नदिया यदि जवेली ही काय करें तो खाडिया अथवा झील के भीतर प्रक्षेपित जल की जगह इसी प्रकार की आकृतिया उत्पन्न नहीं हो पाती हैं।

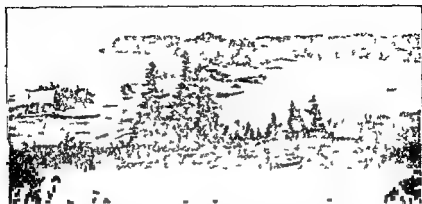


Fig 320

Bar joining Empire and Sleeping Bear bluffs, Lake Michigan
(Gilbert, U S Geological Survey)

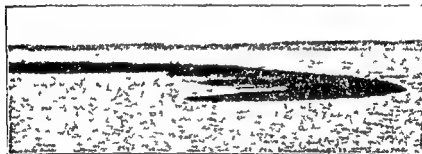


Fig 321

A recurved spit Dutch Point, Grand Traverse Bay, Lake Michigan (U S Geological Survey)

नदिया द्वारा तट पर लाय गय तलछट का निक्षेप स्थल की स्वरूपा का परिवर्तन करने में अधिक महत्वपूर्ण होता है। जहाँ शीला जवला समुद्र में डेल्टा बनते हैं वहाँ ऐसा विशेष रूप से होता है। जैसे मिसिसिपी के निचले मुहाने पर खाड़ी में एक बड़ा डेल्टा बन गया है (चित्र १८५)। डेल्टा स्वयं एक महान विपमता उत्पन्न करता है उसके साथ-साथ उसके बिनारा पर छोटी छोटी विपमताएँ भी होती हैं। झीला के डेल्टा भी पर्याप्त छोटे पैमाने पर उही सामान्य आकृतियों का स्पष्ट करते हैं। डेल्टा के स्वरूपा का उल्लेख पहले ही (पृष्ठ १८०) पर किया जा चुका है। नदियों द्वारा विकसित डेल्टा भूमि सदैव नीची होती है। बाद में होने वाले परिवर्तन,

जैसे कि पटन विरूपण (diastrophism), द्वारा इसी स्थिति में परिवर्तन हो सकता है।

(३) पवन (Winds) — तटा पर पवन का मुख्य प्रभाव यह होता है कि वह शुष्क वायु का इयर-ड्रॉप उठाती रहती है। जैसा कि हम पहले दृष्ट चुके हैं कि वायु का ठेग बड़े-बड़े टिंवा (dunes) के रूप में हो सकता है, किन्तु पवन द्वारा वायु का स्थानान्तरण स्थल क्षेत्र की रूपरेखा (outline) को विशेष रूप में परिवर्तित नहीं करता है। पवन कुछ नीची रात्रिकाएँ (bars) तथा बीच तटा पर वायु का



Fig 322

Sketch map of a part of the New Jersey coast
The dotted belt at the east is the barrier modified
by the wind The area marked by diagonal lines
is the main land the intervening tract is marsh
land The numbers show the depth of water in
feet Scale $\frac{1}{4}$ inch = 1 mile

ठेग कर देता है और उनको पटन की अपेक्षा बहुत ऊँचा कर देता है। यद्यपि इसमें तट-रेखा की स्थिति नहीं बदलती है। पट्ट ५ में एक ऐसा तट दिखाया गया है जहाँ पर भूमि प्रवाहित पवनोद्भवायु (wind driven sand) द्वारा बनी हुई है। नाग हेड (Nag Head, N C) पर कहा जाता है कि दस वर्षों में पवन द्वारा निर्माण



Fig 323

Sheep Island, Penobscot Bay, Me , a small, land-tied island (*Bastin U S Geological Survey*)

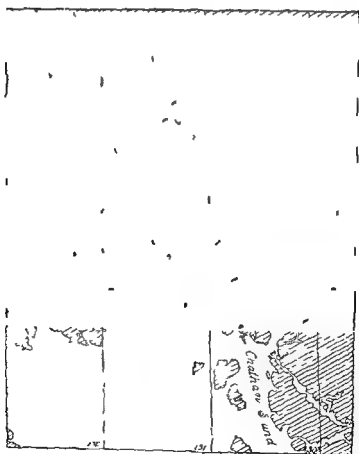


Fig 324

Alaska fiords (*C and G Survey*)

के परिणामस्वरूप स्थल भाग समुद्र के भीतर १०५ मीटर (३५० फुट) तक बढ़ गया है।

(४) हिमनदियाँ (Glaciers)—कुछ स्थानों में, जैसे कि ग्रीनलैण्ड और अलास्का, हिमनदियाँ समुद्र के तल तक उतर जाती हैं। यदि उनकी हिम मोटाई हो तो कुछ स्थानों में समुद्र तल से नीचे गहराई तक भी हिमनदियाँ घाटियाँ काट देती हैं।

जब कि हिमनदियाँ ज़िन्हाने इस प्रकार की घाटियाँ काटती हैं पिघलती हैं तो घाटियाँ के निचले हिस्से समुद्र के जल से भर जाते हैं और इस प्रकार मकीण घाटियाँ अथवा प्रोहरियाँ (fiords) बन जाती हैं।

नार्वे, अलास्का (चित्र ३२४), ग्रीनलैण्ड, दक्षिणी चिली तथा कुछ अन्य जगहों की अनेक प्रोहरियों का यही स्पष्टीकरण अथवा इसी स्पष्टीकरण का एक भाग है।

जो हिमनदियाँ समुद्र में उतरती हैं वे अपने अपोड (delta) का बहिर्गमन कर देती हैं जहाँ कि वे समाप्त होती हैं, किन्तु अपोड का अधिकांश, शिथिल पदार्थ होने के कारण, शीघ्र ही तरंगों द्वारा वहाँ से ज़ाय हो जाता है, और सभी स्थानों में तट-रेखा की स्थायी विषमताओं का उत्पन्न नहीं करता है। शीला में अपोड-निक्षेप स्थल तरंगों की अपेक्षा दुर्लभ होने के कारण टलनी सरलता से बहाया नहीं जा सकता है।

(५) तटीय हिम (Shore ice)—यह एक अन्य कारक है जो तट की रेखाओं पर अपनी क्रियाएँ करता रहता है किन्तु उनकी रूपरेखा में अधिक परिवर्तन नहीं करता है।

विलुप्त शीलें (Extinct Lakes)

अनेक पूर्ववर्ती शीलें विलुप्त हो चुकी हैं। विलुप्त शीलों की पहचान अनेक आकृतियों द्वारा होती है। यदि कोई चीज़ दोषी अपनी दोषी के भर जाने के कारण

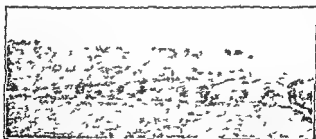


Fig 325

A part of the flat of Lake Agassiz, Moorhead, Minn (Goode)

विलुप्त होती है तो चीज़ का पूर्ववर्ती भेज एक सपाट मैदान के रूप में दिखाई देता है (चित्र ३२५) जिसमें इस प्रकार के निक्षेप मिलते हैं जैसे कि चीज़ों में बल्ले हैं। तटों के समीप ये निक्षेप बजरी अथवा राल के हो सकते हैं, किन्तु तटों में दूर के

निक्षिप्त पदार्थ पर्याप्त मूल्य (महीन) होते हैं। ऐसा सपाट मैदान सरोवरीय मैदान (lacustrine plain) कहलाता है। ऐसे मैदान, मैदानों के प्रकारों में से एक छोटे प्रकार के होते हैं, और वे पर्वतों में, पठारों पर अथवा बड़े प्रकार के मैदानों पर स्थित हो सकते हैं।

यदि कोई झील अपने निष्क्रम (निर्गत—outlet) के निम्नीकरण (lowering) या वाष्पीकरण (evaporation) द्वारा विलुप्त हुई थी तो झील का पुराना तल कम सपाट होगा। यह सपाट होने के स्थान पर बहुत भिन्न भी हो सकता है।

कुछ विलुप्त झीलों के पूर्ववर्ती किनारे विभिन्न तटीय आकृतियों द्वारा पहचाने जा सकते हैं, जैसे कि डेल्टा, बंदिका, पुलिन आदि, वेदिकाओं के ऊपर, कम से कम कुछ स्थानों में, पुराने तटीय उत्थान (shore cliffs) विशेषण वहाँ मिलते हैं जहाँ कि झील बड़ी थी। बोनविले झील (Lake Bonneville) के पूर्ववर्ती किनारे की स्पष्ट तटीय आकृतियाँ दिखाई देती हैं। इनमें से कुछ चित्र ३२६ में दिखायी गयी



Fig 326

Shore of former lake Bonneville Utah (U S Geological Survey)

है। इसका निचला हिस्सा, अपक्षायित आधुनिक ताल में, सीढ़ीदार अथवा वेदिकाओं से युक्त है। ये सीढ़ियाँ झील के किनारे के आसपास विकसित हुई थी और वे ऊपरी हिस्से में नितांत भिन्न आकृति की हैं। उनकी यह आकृति बहुत दूर जल द्वारा उभरे समय में विकसित हुई थी जबकि झील अपने अस्तित्व में थी, अथवा उससे भी पहले। वेदिकाओं की स्थलाकृति नवीन है तथा ऊपर के हिस्से की स्थलाकृति अति प्राचीन है। ऊपर की प्राचीन स्थलाकृति के किसी हिस्से और नीचे की नवीन स्थलाकृति के तल के मध्य का यह सम्पूर्ण स्थलाकृतिक विसंगति (topographic unconformity) रहा गया है। इस स्थिति में उपघाटियाँ और घाटियाँ के निचले सिरे

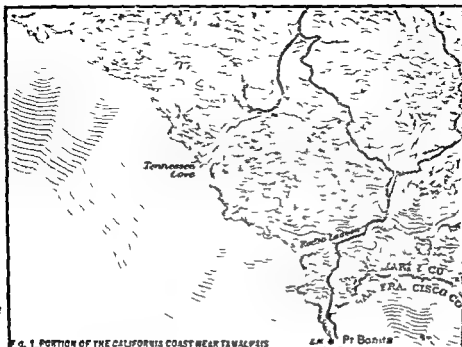


Fig 1—A coast line developed chiefly by wave erosion Scale 1—mile per inch Contour interval 20 feet (Tamalpais Cal Sheet U S Geol Surv)

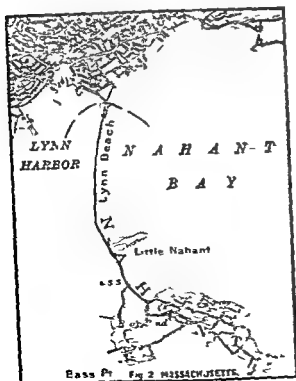


Fig 2—An island tied to the mainland by a beach. The beach is really a bar in spite of the name popularly applied to it Scale 1—mile per inch Contour interval 20 feet (Boston Bay Mass Sheet U S Geol Surv)

चीन के तट पर लाय गया निवेदा द्वारा भर गया और विद्युत् हा गया, क्योंकि चीन का जल विभिन्न समयों पर विभिन्न स्तरों पर था।

चीन बोनेविले के जलमय की जातिना स कम स्पष्ट, किन्तु फिर भी, विशिष्ट तटीय जातिना, जलमय नाम की विद्युत् चीन नाम जनक जल विद्युत् चीन के किनारा का प्रकट करती है। जनक विद्युत् चीन के जनमान तटी से पर्याप्त ऊपर भी चला ओर इस प्रकार की जातिना दिखाई देती है और इस प्रकार से चीन के पूर्ववर्ती जलमय नाम को प्रकट करती है।

चीन द्वारा विकसित नमस् तटीय जातिना के जलमय में परिस्रवण (degradation) के कारण द्वारा विनष्ट हो चीन की जातिना है। विमान द्वारा (Great Basin, U S A) की जातिना न जातिना और जातिना नाम की जातिना की तटीय जातिना के जलमय में जनमान जातिना प्रदान की है।

मानचित्र-कार्य—जलमय जातिना मानचित्र की जातिना में जातिना १/ दिया।

ज्वालामुखीय क्रिया (VULCANISM)

ज्वालामुखी भूपटन के भीतर एक छिद्र (vent) होता है जिसमें होकर गरम शिलार्थ बाहर निकलती है। गरम शिलार्थ तरल लावा (liquid lava) के रूप में हो सकती है और बाहर की ओर बहकर आती है अथवा वे ठाम हो सकती है और

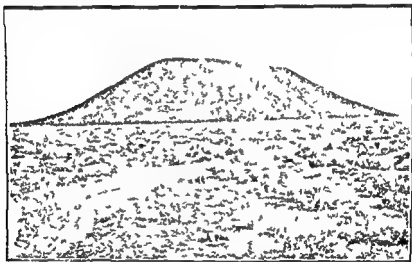


Fig 327

Typical cinder cone Clayton Valley Cal (U S Geological Survey)

खण्डों में बाहर निकलने के लिए बलपूर्वक बाधों की जाती है। यदि छिद्र एक लम्बी दरार या मध्य (fissure) के रूप में होता है तो सामान्यतया उसे ज्वालामुखी नहीं कहते हैं।

किसी ज्वालामुखी से जो शैल पत्थर बाहर आता है उसके टीला या शंकुओं (cones) के रूप में बन जान की सम्भावना रहती है (चित्र ३२७)। वे केवल टीले, पहाड़ी अथवा उँचे पर्वत भी हो सकते हैं। शंकुओं का प्रायः ज्वालामुखी कहा जाता है, यद्यपि वे वास्तव में ज्वालामुखी की क्रियाओं के ही परिणाम होने हैं। जिस ज्वालामुखी से लावा निकलता है उसका शंकु नीची ढालों (low slopes) का बनना

है (चित्र ३२८) । जिस ज्वालामुखी से ठोस पदार्थ बाहर फेंका जाता है उसका शत्रु अधिक प्रपाती ढाला का बनता है । अनेक ज्वालामुखी तरंग शैल (तावा) तथा

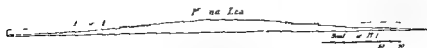


Fig 328

Profile of the cone of Mauna Loa Vertical scale same as horizontal (*U S Geological Survey*)

ठोस शैल, दाना ही चोखो को उगाने है । ऐसी स्थिति में दोनों ही प्रायः एक ही मात्र निरंतर बनते हैं, या एक समय में लावा निकल सकता है और किसी दूसरे

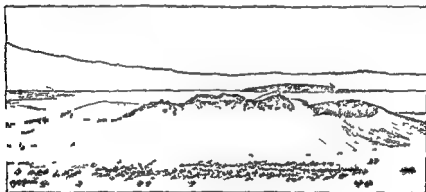


Fig 329

Panum crater Cal the crater partly occupied by a cone Lake Mono and Paona Island in the distance (*U S Geological Survey*)

अवसर पर ठोस शैल बाहर आ सकती है । गरम शैल के साथ साथ गैसी तारा जल-वाष्प की मात्राएँ जिसमें से कुछ जहरीली भी होती हैं उड़ान लगती हैं । जब तक



Fig 330

Sketch of the crater of the cinder cone near Lassen Peak Cal showing the peculiar feature of two rings The funnel is 75 metres deep (*U S Geological Survey*)

काट ज्वालामुखी मन्त्रिय रहता है तब तक उसके शत्रु में प्रायः एक गड्ढा रहता है जिसमें विवर (crater) बहता है (चित्र ३२६ और ३३०) । विवर में एक अनात

गहराई तक नीचे लावा के उदगम स्थान तक एक मार्ग रहता है। विवरों अत्यधिक विभिन्न आकारों की होती हैं। उनमें से कुछ तो आरंभ में एक मिमीटर से भी अधिक गहरी होती हैं और कुछ एक किलोमीटर के बराबर एक छोटे खण्ड के ही बराबर होती हैं। जब तक ज्वालामुखी सक्रिय रहता है तब तक लावा के उदगम स्थानों तक जाने वाले मार्गों के परिमाण और आकृतियों को देखा नहीं जा सकता है, किंतु वे निरुद्ध परिमाण एवं आकृति और सम्भवतः लम्बाई में भी अति भिन्न होते हैं।

ज्वालामुखी के उद्गार दो बड़े प्रकार के होते हैं (१) शांत उद्गार (the quiet type), और (२) विस्फोटक उद्गार (the explosive type)। शांत उद्गार के समय द्रव (तरल या पिघला हुआ) लावा विवर में ऊपर आता है और या तो (अ) विवर की उत्पात भूमि (rim—किनारा) के ऊपर होकर बहता है, अथवा (आ) शंकु की लोडकर उसके पार्श्वों व नीचे की बह जाता है। विस्फोटक उद्गार के समय पदार्थ भीतर से धड़ाके के साथ बाहर निकलते हैं। इस स्थिति में जब पदार्थ बाहर फैला जाता है तब वह या तो द्रव, या ठोस हो सकता है, किंतु पिघला हुआ लावा वायु में झीझरी में उठता हो जाता है और झीझरी ही ठोम भी हो जाता है। किसी ज्वालामुखी के निगम द्वारा प्रवासित (blown out) तरल लावा की छोटी राशियाँ वायु के साथ केवल कुछ क्षणों की यात्रा के पश्चात् जल पृथ्वी पर गिरती हैं तभी वे ठोस हो जाती हैं। कुछ ज्वालामुखी किसी समय शांत उद्गार और किसी अन्य अवसर पर विस्फोटक उद्गार प्रकट करती हैं, और कुछ में लावा के प्रवाह के साथ-साथ सदैव ही विस्फोटक प्रचण्डता की कुछ मात्रा रहती है।

कुछ सक्रिय ज्वालामुखियों के निम्न वर्णन से ज्वालामुखीय क्रिया की जनक विशेषताओं का ज्ञान हो जायगा।

सक्रिय ज्वालामुखियों के उदाहरण

(Examples of Active Volcanoes)

स्ट्रोम्बोली (Stromboli)—इस ज्वालामुखी का गंतु मिलिरी के उत्तर में, लुममागर में, ७ या ८ किलोमीटर (४ या ५ मील) यास वाला एक द्वीप है। शंकु सागर के तल से ऊपर की बसा हुआ है और लगभग १½ किमीटर (एक मील) ऊँचा है। इसके आगे से केवल थोड़ा अधिक भाग जल में ऊपर की निकला हुआ है। पर्वत के पार्श्व में इसके शीर्ष के लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) नीचे, एक दरार (opening) है जिसमें स निरन्तर भाप निकलती रहती है। दूर से लवण पर सघनित (condensed) जलवाष्प घुएँ के समान दिखाई देती है।

कभी कभी उपयुक्त दरार (opening) अथवा विवर तक चढ़ना और उनमें भीतर की देहना सम्भव होना है। तब विवर का फल बँडोर लावा से निर्मित बारी शिनाआ का बना दियाई देता है। फल में दरारे होती हैं और उनमें की कुछ दरारों में स भाप उम्मी भाति फुकार कर बाहर जाती है जैसे किसी इजन में। अन्य दरारों में लावा खिलता हुआ देखा जा सकता है। इसमें ठीक उसी प्रकार से बुदबुदे बनते और फटते हैं जैसे खिलते हुए दलिया के पान में बुदबुदे बनते

आर पटन है। जब वह फूटते हैं तो लावा के टुकड़े, जिनमें बुदबुद भी होते हैं, वायु में पचामा मीटर ऊपर तक उछाल दिए जाते हैं और फिर वे शब्द के दाया पर गिर पतन २ और शब्द के विस्तार में वृद्धि करते हैं। रात्रि में विवर के फण की दरांग में दहकना हुआ लावा उन घादों का प्रकाशपूर्ण बना देता है जो पवन के ऊपर सँभरते हैं। इस कारण स्ट्राम्बोली का 'रम सागर का प्रकाशगृह' (Light house of the Mediterranean) कहा जाता है।

कभी-कभी तो स्ट्राम्बोली के उगार इतने प्रचण्ड होते हैं कि निम्नलिखित हुई माप की गजमा कई किनामीटर की दूरी तक सुनी जा सकती है और उसमें से निम्नलिखित वाला पदार्थ इतना ऊँचा एव इतनी दूर तक उड़सता है कि वह केवल समुद्र पर ही नहीं बिखरता है बल्कि समीप के समुद्र में भी फैल जाता है। स्ट्राम्बोली एवं अन्य ज्वालामुखी का उदाहरण है जो वर्तमान समय में निम्नलिखित मश्रिप है। स्ट्राम्बोली उन अनेक ज्वालामुखियों से भेदा है जो रमसागर के उस भाग में कभी विद्यमान रहे हैं। उनमें से एक ही नाम का ज्वालामुखी अब भी मश्रिप है, परन्तु अब या तो प्रमुप्त (dormant) अथवा मृत (extinct) है।

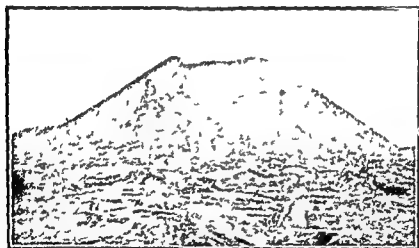


Fig 331

Cinder cone forming the summit of Mt. Vesuvius

विस्त्रुवियम (Vesuvius) — सम्भवतः यह ज्वालामुखी सर्वाधिक प्रसिद्ध ज्वालामुखी है। इसका शब्द लगभग १२०० मीटर (४,००० फुट) ऊँचा एव पतन है जो नपल्स की गंगा (टोली) के तट पर इसी नाम के नगर से प्रायः १६ किना मीटर (१० मील) दूर पर स्थित है। इस ज्वालामुखी का वर्तमान शब्द (चित्र ३३१) एक अधिक प्राचीन एवं जलमयिक विज्ञान विवर की उस उत्पान भूमि (rim) के भाग में है जो वर्तमान जायी नष्ट हो चुकी है।

सन् ७६ स पूर्व, जहा तक कि उस समय ज्ञान था, विस्फियम केवल एक शकवाकार पवन था जिसके शिखर में एक गहरा विवर था जिसका व्यास १ किलामीटर (३ मीन) था। उसके टान, तथा विवर का नितन भी, वनस्पति में टके हुए थे। उस वष एक विनाशकारी विस्फोट हुआ जिसमें प्राचीन विवर का उत्पन्न भूमि (rim) के जाड़े भाग का उठा दिया। उठायी गयी शिना का अधिक भाग इन छोट टुकडा में टूट गया कि उनमें धूल (dust) (जिस प्राय ज्वालामुखी की राख कहते है) बन गयी और जब वह धूल समीप के प्रदेश पर गिरी तो उसमें कबन पौधा का ही नहीं वरन् नगरों को भी डक दिया और नष्ट कर दिया। लगभग २०,००० की जनसंख्या वाला पाम्पोलार्ड (Pompeii) नगर इस प्रकार टक गया कि स्थान-स्थान पर ८ से १० मीटर (२५ से ३० फुट) तक माटी धूल की तह जमा हा गयी और उसके लगभग २,००० निवासी मारे गए। इस विस्फोट में लावा का सरिताएँ नहीं बही थी। त्रिस्फाट के माय-माय अथवा उसके बाद भूमलाधार बसा हुआ था। वषा के जल ने ज्वालामुखी की धून पर गिरकर गरम कौच की विनाश करी सरिताआ का उत्पन्न कर दिया था। हर्कुलनियम (Herculaneum) नाम का स्थान इसी प्रकार की एक सरिता द्वारा डूब गया था। उस सरिता की अधिकतम गहराई सम्भवत २० मीटर (६० फुट) थी। विस्फियम का आधुनिक शत्रु इस विस्फाट के पश्चान अधिक प्राचीन शत्रु के उत्पानों (rims) के खण्डहरों के भीतर बनाया गया है।

सन् ७८ के विस्फोट के पश्चान विस्फियम में कुछ अथ भीषण विस्फोट हुए है जिनके बीच-बीच में यह शान्त रहा है या इसकी क्रिया माधारण रही है। सन् १६३१ का विस्फोट विशेष रूप से भीषण था जिसमें १८,००० जीवन नष्ट हुए थे। वाष्प और ज्वालामुखी धून के निकलने के पश्चान लावा वह निकला था जिसका कुछ भाग समुद्र तक पहुँच गया था। अथ प्रसिद्ध विस्फाट सन् १७२७, १७६४, १८२२ और १८७७ में हुए थे। सन् १८७७ के प्रमुख विस्फाट से पूर्व कई महीना तक मद क्रिया चलती रही थी जिसमें वाष्प और गैर पदार्थ के सूक्ष्म खण्ड (महीन-महीन टुकडे) विवर (crater) से निकल थे और पर्वत के पार्श्व (sides) पर दगग से लावा की धार निकली थी। क्रिया की भीषणता धीरे धीरे बढ़ती गयी और अंत में अप्रैल में विस्फोट चरम सीमा पर पहुँच गया। शत्रु के पार्श्वों पर दो विशाल तथा अनक छोटी मग्धिया (fissures—विदार) खुल गयी और उनमें से हाकर लावा की विशाल सरिताएँ समीपवर्ती घाटिया में वह निकली जिसमें दो गाव डब गए। उसी समय दो बड़े माग शीप पर भी बन गये जिनमें से टोकर वाष्प एवं धून की विशाल मात्राएँ तथा पिघली हुई (molten) चट्टानों के गोले के समान पृष्ठ (masses) वायु में १,२०० मीटर (४,००० फुट) या उससे भी अधिक ऊँचाई तक उछाले गये थे, जिनकी ध्वनि अनेक किलामीटरों तक सुनाई पड़ी थी। रात्रि के समय में पर्वत के ऊपर लटके हुए बादल विवर में दहकते हुए लावा के कारण तीव्र प्रकाश से जगमगा उठे थे। सम्पूर्ण

थी। उसमें स जो भाप निकलती थी वह शीघ्र ही ऊपर उठने समय शीतल हाकर बादल के रूप में संघनित हो जाती थी, इसी कारण पर्वत के ऊपर बादल छाया थे।

विवर की उत्पत्ति भूमि (rim—घेरे) से यह स्पष्ट था कि जल विस्फोट लावा को उड़ाते थे वे ही कालाहल एवं कम्पन के कारण थे। रात्रि में विवर के निम्न में पपड़ी रहित मार्ग (openings) के दृक्ते हुए लावा ऊपर के बादलों को प्रनाशित करते थे, विशेषतः विस्फोट के समय जबकि उष्ण लावा अधिक गहराई से निकलता था तब प्रकाश तीव्रतम होता था।

सन् १९०६ के वसन्त में विस्फोट पुनः विध्वंसारम्भ रूप से सक्रिय हो गया था, जब धूल की विशाल मात्राएँ और लावा का प्रवाह निकला था जिससे सम्पत्ति का अधिक नाश एवं जन हानि हुई थी।

पाफ़मर जगार (Prof Jaggar) ने अप्रैल के अन्त में स्थिति का वर्णन निम्न प्रकार से किया है

“सन् १८७२ और १८९८ के लावा क्षेत्र १० या १५ सेण्टीमीटर रेत और धूल के नीचे दब पाया गया था, और वे एक भारी आवरण बना रहे थे, किन्तु आवरण इतना पर्याप्त न था कि वह नीचे की भ्रूलूण कुरूपता (slaggy contortions) का पूर्णतया छिपा सके। दोपहर के बाद विस्फोट का सम्पूर्ण शक्ति बादलों से रहित हाकर साफ हो गया और उस समय वह स्वच्छ भूरे रंग की सीधी रेत की खिसलना (sand-slides) द्वारा ढका था, जो कभी कभी नीचे का चिसका पड़ती थी जैसा कि बलुआ टीला (sand dune) के अधिक प्रपाती ढाल पर होना है। विवर में शुद्ध उज्ज्वल वाष्प ऊपर का धीरे धीरे उबल रही थी। एक बार वह विवर के तट पर निज्या रूप में (radially) पड़ पड़ी और तट पर एक मण्डल (ring—गाला) बन गया जिसके भीतर और ऊपर कपासी बादल (cumulus cloud) का एक गुम्बज था, और इसके अतिरिक्त एक अन्तर् और भी ऊँचा बाहरी गोला (outer ring) एक अधिक पुराने कपा करने वाले बादल से बना था जिसमें अनेक छेद थे, और वह ऊपर उठने के लिए तैयार था। इसके फलस्वरूप पर्वत के मस्तक पर एक टाप सा दिखाई पड़ता था। रात्रि में शक्ति स्वच्छ एवं सदा प्रकाश रहित था।”

शीघ्र में देखने पर विवर वाष्प आदि से इतना भरा हुआ था कि भीतर कुछ भी दिखाई नहीं पड़ता था, किन्तु कभी कभी हम ३५ या कुछ अधिक अंशों का एक ढाल भीतर की ओर देख सके जो गरम बालू एवं टूट शैल के खण्डों से ढका हुआ था, जल लगभग ३६ मीटर (१२० फुट) (ऊँचावर रूप में) नीचे बाहर निकले हुए उत्तट (jutting ledges—उठाव) द्वारा समाप्त होता था और वे उत्तट (ledges) बड़े ढाल के समान ज्ञात होते थे। उसके बाद वाष्प एवं गंधकीय उष्मा (sulphurous heat) तथा आघात थे। उत्तट स्थान-स्थान में धुआँ छोड़ रहे थे। पर्वत की तीव्र सनमनाहट से ऊपर कोई ध्वनि सुनाई नहीं पड़ती थी। विवर तट की वक्रता अधिरदनो (embayments—प्रवेश के अवरोधक) द्वारा विभक्त हो गयी थी और वह ऊँचाई में अधिक विपमता प्रकट कर रही थी। हम ज्वाल कुण्ड के

दूमेरे पायव को नहीं देय मक्के, किन्तु बरना मे यह अनुमान किया गया कि विवर। का व्यास लगभग ४०० मीटर मे ८०० मीटर (चौथार्ट मीन स जाये मील) से किमी भी प्रकार कम नहीं हो सकना था—यह व्यास विमूवियम क लिए अनाशरण रूप मे बना था।”



Fig 332

The Cauliflower cloud above Vesuvius April 7 1906
(Jaggar Nat Geog Mag)

उपयुक्त उदगार क इतिहास का मागण उमी लेखक द्वारा निम्न प्रकार स दिया गया है

मन १९०५ की मई मे शकु के उत्तरी पश्चिमी पायव मे एक दगर मे लावा प्रवाहित हुआ जोर वषपयन्त सत्रिय बना रहा। इसका प्रवाह उस समय बन्द हो गया जबकि वनमान उदगार के कारण शकु के दक्षिणी पायव मे एक नवीन छेद (vent) खुल गया। ४ अप्रैल १९०६ का विवर मे एक मनाग्म काला ज्वालामुखी उदगार मध (cauliflower cloud) उठा। अप्रैल ८ १, ६ और ७ का उपयुक्त दक्षिणी भूभाग (rift) क साथ साथ पहन शीष मे १५० मीटर (५०० फुट) लम्बा ३६० मीटर (१२०० फुट) उमम नीचे और अत मे ३०० मीटर (६०० फुट) और भी नीचे लावा-मुख खुल गये जे सभी उमी त्रिज्या (radial line) मे थे। सब से नीचा मुख पवन क जाये भाग से अधिक नीच था और उमी विवर मे त्रिविकारा घागारो निकली। इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि ये प्रवाह लावा की बाढ़ नहीं है जे पवन क समस्त टाल का टुक लनी है, बल्कि अपष्ठाकृत ये मकीण, मर के आकार के चुआव (trickles) है, फिर भी जब वे किसी घन वन हुए नार के मध्य

में अपना माग बनाने में तो घातक हाथ है। पिछली हुई चट्टानों के ऊपर से पपनी पड़ी हुई और दरारों से युक्त अपने सामने छिद्रायुक्त गालाश्मा (porous boulders) का लुढ़काना है।

"अप्रैल ७, शाम ८ बजे, धूल में लदी हुई (dust laden) भाप का एक स्तम्भ (column) विवर से ऊँचा ६ कि.मी.टर (४ मील) की ऊँचाई पर उठान पड़ा। विजती की विरुद्ध चमक से मेघ चमक उठते थे। नवीन लावा मुग मुल गये और प्रवाह भाग में वास्कोविक्स (Boscotrecase) के भाग का पुनर्गठन, जाता

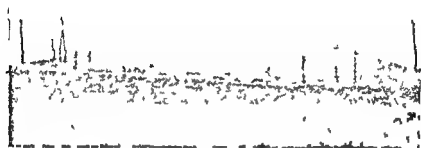


Fig 333
Vesuvius in 1906 (Hobbs)

तथा निगलता हुआ आग का बह चला। वारा शाखाओं में बँट गयी जिससे नगर के कुछ भाग सुरक्षित बच गये। इसी समय ज्वालामुखी के दूसरे प्रतिपक्षी (opposite) पार्श्व पर स्थित ओताजानो (Ottajano) के ऊपर राख की धाराएँ गिरी और जनक छते गिर गयी एवं जीवन नष्ट हो गया। वधशाला (observatory) में डा० मातुसी (Dr Matteucci) और उनके साथी पीछे हटने को बाध्य हो गये, क्योंकि वधशाला बुरी तरह में हिल रही थी और भारी-भारी पत्थर गिर रहे थे।

"वास्कोविक्स लावा में पूर्ण रूप में नष्ट हो गया जोताजानो गिरती हुई बजरी से नष्ट हुआ। वास्कोविक्स का स्थान में थावा समान लावा धारा (clinkery lava stream) द्वारा ऊपर की ओर टूटा हुआ (traversed) है और कुछ स्थितियों में भवन शाब्दिक रूप में दो भागों में कट गये थे। लावा की वारा पर्वत के एक पार्श्व प्रक्षेप (spur) के पासपास कई शाखाओं में बँट गयी थी और उच्चतर भूमि को उमकें अगूर के वागा सहित अछूना छोड़ दिया था। नगर के सहित नीची भूमि पर भी आक्रमण हुआ था। इसी के श्रुति निमाण में इतनी कम लकड़ी का प्रयोग होता है कि नगर का वह भाग जो अछूना बच गया, तनिक भी नहीं

जना था। जोतजाना में छने जानू जीर वनरी क भार में नीचे बैठ गयी। छने अपिशाशन मपाट थी जम्वा तनिक टलवा खपरन की वती थी। ममतना के उपर राख एव ज्वालामुखीय शिनाखण्ड (lapilli) दगभग एक मीटर की महुराई तक जम गये थे। जनेन दशाज्रा में छना के साथ-साथ दीवारें भी गिर गयी थी, किंतु कोई महत्वपूर्ण भूकम्प नहीं आया। अग्नि, विषमकारी मित्रनी आर प्रबल पवन उत्पन्न नहीं हुए। जा व्यक्ति मरे थे व भन्न अपन मकाना में पाये गये जहा मृत्यु का एकमात्र कारण लवण्डहरा क नीचे दम जाना था।”



Fig 334

The ruins of Ottajano The roofs have fallen in under the load of ashes

स्ट्राफ्फानी क समान विस्फुरण भी एस प्रकार में स्थित है जहा पर अने ज्वालामुखी भी रहते हैं जिनमें से कुछ एतिहासिक काल के भीतर सक्रिय रहते हैं।

क्रेकेतोअ (Krakatoa)—जिन ज्वालामुखी उद्गारा का एतिहासिक विवरण प्राप्त है उन प्रवण्टनमें एव विनाशकारी विस्फोटों में से एक विस्फोट क्रेकेताआ में सन् १८८३ में हुआ था। क्रेकेताआ सुमात्रा आर जावा के मध्य, सुण्डा (Sunda) नामक जन-मयोजक (strait) में एक ज्वालामुखीय द्वीप है।

उक्त उद्गार में पहल द्वीप कुछ वर्षों तक भूकम्पा एव छोट विस्फोटों में हिन चुका था। २७ जगम्न को प्रातःकाल भयानक विस्फोटों का एक क्रम आरम्भ हो गया, जिनकी ध्वनि ५०० किलोमीटर (२,२०० मील) दूर दक्षिणी आस्ट्रेलिया में

सुनाई पड़ी थी। द्वीप का लगभग दाहिना भाग उठ गया (चित्र ३३५), जोर पड़ने जहाँ पर पर्वत का मध्य भाग स्थित था वहाँ अब ३०० मीटर (१,००० फुट)



Fig 335

Krakatoa after the eruption A as seen from the southwest, and B from the north (Rept of the Roy Soc)

गहरा समुद्र है। विशाल सागर-तरंगें उत्पन्न हुई थीं जो पृथ्वी के आधे भाग तक चारा आग पहुँच गयी थी। समीपवर्ती द्वीपों के तटों पर १५ मीटर (५० फुट) तक जल ऊँचा उठ गया जिससे बड़ा विनाश हुआ था। अधिकांशतः डूब जाने से ३६,००० से अधिक व्यक्ति-यात्री की जानें गयीं और २६५ गांव पूर्णतः या अंशतः नष्ट हो गये। धूल के बादलों के कारण द्वीप तथा समीपवर्ती तटों के ऊपर का आकाश रात्रि के समान काला पड़ गया था। यह अनुमान किया गया था कि वाष्प एवं धूल वायु में २७ से ३६ किलोमीटर (१७ से २३ मील) तक की ऊँचाई तक उछाले गये थे। विस्फोट के कारण विशाल वायु-तरंगें उत्पन्न हो गयीं जो पृथ्वी के चारा आग तीन या तीन से अधिक बार चक्कर काट आयीं। ससार के सभी भागों में वायुदाब मापी यन्त्र (barometers) द्वारा इनके माप का लेखा (record) किया गया। इस उद्गार से निकली हुई धूल का वजन पहले किया जा चुका है।

क्रैकेतोआ के केंद्र से १६ से ३० किलोमीटर (१० से २० मील) के घेरे में बिबर के बाहर समुद्र का नितल विस्फोट में बाहर फँके गये पदार्थों के कारण ३ से ८ मीटर (१० से १० फुट) ऊँचा उठ गया। पश्चिम की ओर एक पवित्र के साथ नितल के नीचे धँस जाने से जल की गहराई बढ़ गयी।

इस भयानक विस्फोट का कारण सम्भवतः वही था जैसा कि स्ट्राम्बोली के साधारण विस्फोटों का था, अर्थात् अत्यधिक ऊष्ण वाष्प का आकस्मिक निकास (escape) अथवा विस्फोट।

इस ज्वालामुखी के अनुमानित स्तिहाम का कुछ चित्र ३३६ द्वारा किया गया है, जिसमें ज्वालामुखी अक्रुआ में होने वाले परिवर्तन का आभास मिलता है। चित्र के नीचे दी हुई व्याख्या उसका स्पष्टीकरण करती है।

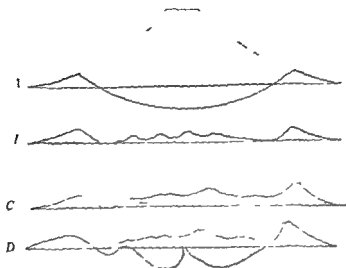


Fig 336

A Probable outline of the great crater ring of the Krakatoa volcano after the ancient paroxysmal outbursts. The dotted line indicates the mass which was blown away.

B Probable outline of the Krakatoa volcano after the great crater indicated by the dotted line had been filled up by growth of numerous small cones within.

C Form of Krakatoa in historical time after the formation of the great lateral cone of Rakata and the growth of other cones within the great crater.

D Outline of the crater of Krakatoa as it is now. The dotted lines indicate the parts blown away by the outburst of 1883 and the change in form of the flanks by the fall of ejected matter.

(Rept of the Roy Soc)

माष्ट पली और साउफ्रियरे (Mont Pelee and Soufriere)—माष्ट पली का ज्वालामुखी मार्टिनिक् (Martinique) द्वीप पर स्थित है (चित्र ३३६), जो कर्ग्वियन सागर के पूर्वोत्तर पर उत्तर अण्टीलीज (Antilles) में से एक है। दक्षिण का छोटाकर इसका पक्का संबंधी और समुद्र में प्रपाता दाता द्वारा उत्पन्न है। दक्षिण की ओर का इसकी भीमा एक मैदान द्वारा बनी है जिस पर मा १६०२ के विस्फोट में पहले मेष्ट पीयरी (St Pierre) नगर स्थित था, जो उसकी

ताप की गटगटाहट व समान प्रहार १८० डिग्रीसेन्टीग्रेड (३०० सी) तक पहुँच गया।

८ मई को ज्वालामुखी की सक्रियता (activity) अपना चरम सीमा तक पहुँच गया। उस दिन एक भागी काना प्रायद्वीप और साँत भूमि में स्थित स्ट्रट में हाकर नाव की ओर दक्षिण-पश्चिम की दिशा में चल रहा था और दो मिनट पश्चात् वह ८ डिग्रीसेन्टीग्रेड (१ मात) तक सड़क पार करी नगर में जा टकराया। नगर तुरन्त ही सड़क भ्रष्ट हो गया। नगर जलमय हो गया, मृत्तिया अपने गिहामना (pedestals—पाद-पीठा) में गिर गयीं, और बरत उखल गया। जंग ही प्रायद्वीप पार करी पहुँचा तब ही वहाँ रिम्फाट मुनाई दिया और नगर ज्वालामुखी में समा गया। जंग जलमय हो गया या तो मैसा की गम्भीरी जंगल मैसा द्वारा क्षय हो जाय तात जलमय (red hot) शिवा बन गया। कुछ जंगल व पश्चात् जंगल जलमय तथा पर्वत की प्रत्यक्ष में जा गयी जिहाल शिवाश की ओर भी शिवा प्रकाश दिया। अति जलमय जलमय व अतिशय सम्पूर्ण जलमय, जो समीपवर्ती प्रत्यक्ष में भागकर जाय हुए पर्वतशिवा व जलमय प्रकाश प्राय १०,००० हो गयी थी इस प्रत्यक्ष में नष्ट हो गया।



Fig 139
Sketch map of Martinique
(Nat Geog Mag)

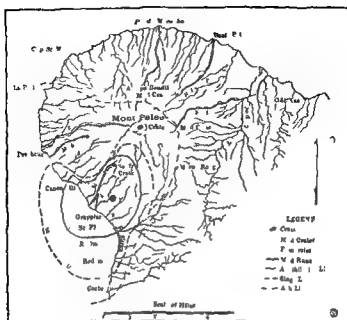


Fig 340

Map of that part of Martinique devastated by the volcanic outburst of 1902 (*Hill Nat Geog Mag*)



Fig 341

Outside of southern rim of crater of Pelee The serrate edge is due to landslides
(*Hovey Am Mus Nat Hist*)



Fig 342

Successive stages of the dust cloud of the eruption of
Mt Pelee December 16 1902 (*La Croix*)

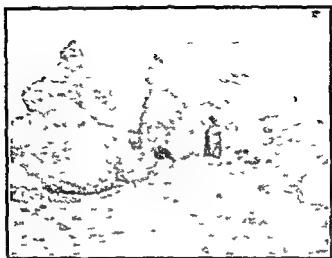


Fig 343

Great rocks thrown out by the eruption of August
30 1902 (Howe, Am Mus Nat Hist)

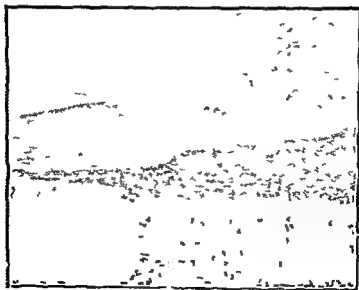


Fig 344

St Pierre after the eruption of Mt Pelee which is seen
in the distance (Howe, Am Mus Nat Hist)

त्रिया के दाना केन्द्रा में उठायी गयी धूल बहुत दूर तक पहुँची थी। सेण्ट निमण्ट द्वीप पर कुछ स्थानों में धूल के ११ मीटर (५० फुट) से लेकर १८ मीटर (६० फुट) तक मोट स्तर जम गया थे। इन उद्गाराओं में से किसी के साथ भी तावा का प्रवाह नहीं हुआ था।



Fig 346

Sketch map of the Island of St Vincent showing the zones of devastation. On the black area the destruction of life was nearly complete in the checked area slight (*Russell Nat Geog Mag*)

चीन में ८ मई को हान वाले भूचाल व कम्पना का सम्बन्ध उम तिनि के उपर्युक्त प्रचण्ड उद्गार के साथ माना जाता है।

माउण्ट लासेन (Mt Lassen)— बहुत दिनों तक यह कहा जाता रहा था कि संयुक्त राज्य अमरीका में कोई सक्रिय ज्वालामुखी नहीं था, किन्तु १९१४ के मई महीने के अन्त में उत्तरी कैलिफोर्निया में माउण्ट लासेन कभी-कभी उद्गारों में रहा है। यह त्रिया एक पुराने ज्वालामुखी के शीप पर हानी है जो लगभग १,८०० मीटर (१०,६३७ फुट) ऊँचा है। सबसे विषम एक अति प्राचीन एवं विशाल विषम के भीतर स्थित है।

इसके सभी प्रारम्भिक उद्गार विस्फोटक प्रकार के थे। निम्नलिखित पदार्थ

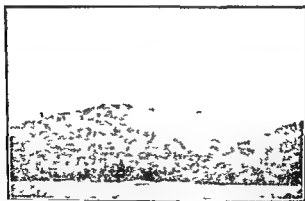


Fig 347

The Soufriere St Vincent
(Hovey Am Mus Nat Hist)

में गहरे, धूल (शिनाचूण—rock flour) और शिनाखण्ड (rock fragments) थे जिनके छोटे छोटे टुकड़े एक किलोमीटर तक फेंक दिए गए थे। बड़े बड़े शिना

वण्ट, निम्न म एक शिनावण्ट का चाम ४१ मीटर (११ फुट) था तथा जमना भार ६० टा था कुड दूरी तक फेंक गय ४ और एक दूसरा उदगार म कई मीटर व्यास वाले वण्ट बिबर म पर्याप्त दूरी तक न जाय गय थ ।

मई (१८ और २०) म १८१५ म, पहन की अपना ज्विक प्रवण्ट उगार हुग थे । इस समय से पहले, बिबर के निम्न मे लावा ऊपर उठना रहा था । इसका नन पपटी मे दका था, जो उठते हुए स्तम्भ के ऊपर एक ठाम टोरी (छत) के समान था । १८ मई का इस टोरी के नीचे म गरम गैस का एक उफाट (blast) फटका हैटरीक और लौस्टरीक नाम की घाटिया मे नीचे का आग उहन लगा । गरम गैस एक हिम के पिघलन के कारण अपने बाट न लौस्टरीक की घाटी के निम्न का १६ किलोमीटर (१० मील) तक उजाट दिया । गैस के प्रवाह के माग म आन वाली वनस्पति नष्ट हो गयी और पत्तिया जगह जगह पर जल गयी । कहा जाता है



Fig 348

An eruption of steam from the ashes of the
Wallban Valley (Hovey Am Mus Nat Hist)

कि इस स्थाना म विकारा उष्मा (great heat) के कारण आग जल गयी थी । तीन दिन पश्चात उन्नी के आकार का एक बादल (mushroom shaped cloud) लगभग ६० किलोमीटर (४ मील) की उँचाई तक उदय हुआ और ठाम चट्टान के टुकड़ों के बीच म लावा निकला और बिबर की उपान भूमि (rim) के ऊपर म प्रवाहित होकर पवन की पश्चिमी दान पर १०० मीटर (१००० फुट) नीचे उतर गया । इस उदगार के अवसर पर एक ०० मीटर लम्बी विात दगर (fissure) गड्ढे के शीप पर उलगी-पश्चिमी पाशव म फट गयी ।

प्रारम्भिक उदगार के पश्चात बिबर एक चम्बार्ट म फन हुआ खट्ट

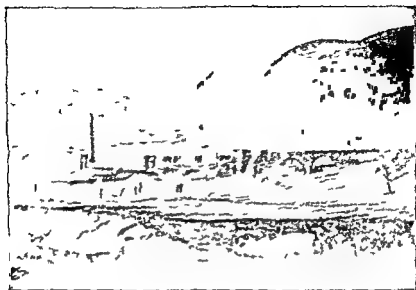


Fig 349

The Soufriere in eruption Ruins of Wallihan sugar-factory in the foreground (Photograph by Wilson)



Fig 350

A river of mud pouring from La Soufriere the steam is rising from hundreds of points in the hot stream (Russell)

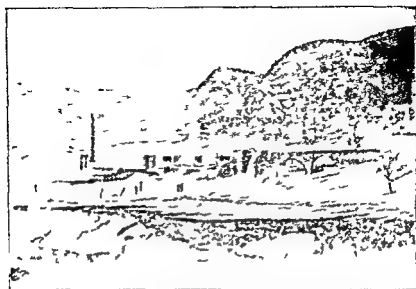


Fig 349

The Soufriere in eruption Ruins of Walliban sugar factory in
the foreground (*Photograph by Wilson*)



Fig 350

A river of mud pouring from La Soufriere, the steam is rising
from hundreds of points in the hot stream (*Russell*)

(elongate gash) के जागार म था आ ५ जून, १९१६ का लगभग ६३ मीटर (२०७ फुट) लम्बा था। मितम्बर ४ आरम्भ तक जय उदगार के पश्चात, यह लगभग २६६ मीटर (८०० फुट) लम्बा एवं १०६ मीटर (३५० फुट) चौड़ा हो गया था और माच १९१५ में, जब तक कि १५० स अधिक उद्गार हो चुक थे, यह लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) लम्बा तथा २१२ मीटर (७०० फुट) चौड़ा था। निष्क्रामित पदार्थ की कुल मात्रा बहुत लुप्त थी। बुझार (fumaroles)—व म्यां चिनमे से हजार बुझा जयथा गैस ग्राह्य निस्सर्ती ह) पर्वत के शीप के समीप उसके उत्तरी और पश्चिमी पार्श्व पर बिस्मिल हो गय थ। माउण्ट लामन एक ऐसे प्रदेश के मध्य म स्थित है जिसके तल के निम्न विकरात उद्गार के पयाप्य प्रमाण मिलत ह। उद्गारामुखी म कुछ किलामीटर के भीतर जिन स्थाना पर उद्गार आत और धुआर पाय जात है।

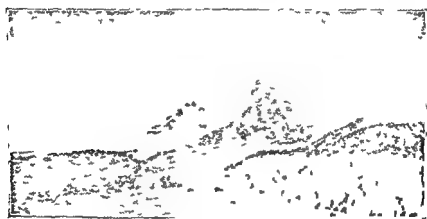


Fig 351

Mt Lassen Calif in eruption 1915 (Photograph by
B L Loomis)

यद्यपि मनुक्त राज्य म माउण्ट लामन ही एकमात्र ऐसा उद्गारामुखी है जिस सम्भव म सक्रिय ज्वालामुखी रहा जा सकता ह तथापि माउण्ट रॉशिनियर (Mt Rainier) और माउण्ट शस्ता (Mt Shasta) दोनों ही उद्गार जल वाष्प उगगत ह और माउण्ट बैकर (Mt Baker) तथा माउण्ट सेंटहेलेस (Mt St Helens) (वाशिंगटन) १८७३ ई० म सक्रिय थ जिसम उद्गारामुखी मूल का एक कम्पल बिम्बूत क्षत्र के उपर फैल गया था। माउण्ट बैकर मन १८५६ तथा १८७८ म भी उद्गार मे आ।

हवाई द्वीप के ज्वालामुखी (Hawaiian volcanoes)—जब तक वर्णित ज्वालामुखिया के उद्गार भूनायिक प्रचण्ड प्रकार के ह। किंतु हवाई द्वीप समूह म ऐसे ज्वालामुखी है जिनके उद्गार अप्रज्ञाकृत शान्त (quiet) प्रकार के ह।

मौना लाजा (Mauna Loa) उन चार ज्वालामुखीय श्रृंखला में सबसे बड़ा है जिनके समुद्र तल (mass) हवाई द्वीप का निर्माण करते हैं जिनका एक हिस्से में दूसरे हिस्से तक औसत विस्तार १०८ किलोमीटर है। मौना लाजा समुद्र तल से ४,२७० मीटर ऊंचा है। जहां तक जान है, लगभग सम्पूर्ण द्वीप ज्वालामुखीय पदार्थों से निर्मित है।

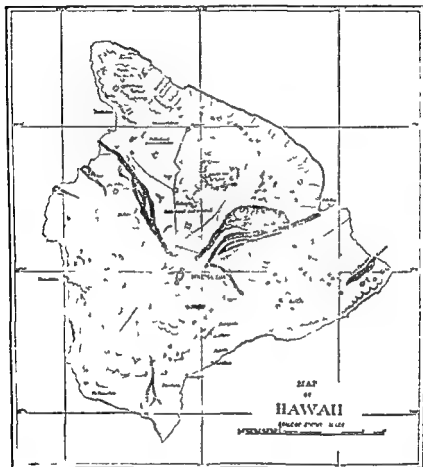


Fig 352
Map of Hawaii (U S Geological Survey)

द्वीप का उत्तम हिस्सा समुद्र तल से लगभग ६,२७० मीटर ऊंचा है किन्तु द्वीप समुद्र तल से ऊपर उस रास्ता द्वारा निर्मित हुआ है जो विषम से बाहर की दिशा है और चूँकि द्वीप का रास्ता और ता जल तल से ६८८० मीटर गहरा है, अतः वह ज्वालामुखीय रास्ता जिसका घोष यह द्वीप है, वास्तव में लगभग ६,००० मीटर (२,००० फुट) ऊंचा है। यह ऊँचाई लगभग उतनी ही है जितनी कि समुद्र तल से ऊपर उच्चतम पर्वत की है।

मौना लाआ (Mauna Loa) का विवर (चित्र ३५२) ५ किलोमीटर (३ मील) लम्बा, ३ किलोमीटर (२ मील) चौड़ा, और लगभग ३०० मीटर (१,००० फुट) गहरा है। यह एक अति विशाल विवर है। जब ज्वालामुखी सक्रिय नहीं रहता है तब विवर में नीचे उतरना सम्भव रहता है और उसके बड़ किन्तु उष्ण फग पर दहर-उपर चला फिरा जा सकता है यद्यपि उसमें साधारणतः दगार तथा भय माग (openings) होते हैं और नीचे की उष्ण तरंग चढ़ाना का प्रमाण देते हैं।

किसी उद्गार के पड़ने विवर का फग ऊँचा उठ जाता है और इसकी बीबी हूँद दगारा में नावा की बीबी दिखाई देने लगती है। समय समय पर, कभी कभी नावा के फग्वार कई सौ मीटर की ऊँचाई तक शीता में ऊपर उठ सकते हैं। जब में उद्गार आरम्भ होता है, किन्तु लावा प्रायः विवर की उत्पत्ति भूमि में



Fig 353

View of Crater of Kilauea (U S Geological Survey)

ऊपर नहीं बहता है। यह साधारणतया उन दगारों में से होकर बाहर आता है जो पवन के पक्ष से फट जाती है। इनमें से कुछ शीघ्र से बहुत दूर जाती है। उनमें से होकर तरल लावा बहने लगता है जो यदाकदा वायु में सैकड़ों मीटर उड़ल जाता है और तब पवन के पक्षों में नीचे धारा-आ में बहने लगता है। इस प्रकार की कुछ धाराएँ एक-एक किलोमीटर तक चौड़ी हो सकती हैं और ८० किलोमीटर (५० मील) तक प्रवाहित होती हैं। लावा की सरिताएँ कुछ कुछ पर्वतीय हिमनदियाँ के स्वरूप की होती हैं, परन्तु उनकी जागे बढ़ने की गति हिमनदियाँ की गति की अपेक्षा अत्यन्त तीव्र होती है, यद्यपि मैदानी नदियाँ की गति की अपेक्षा पर्याप्त मन्द होती है। आरम्भ में लावा तीव्र गति से उड़ता आरम्भ करता है और जैसे जैसे जागे बढ़ता एक शीतल होता जाता है वैसे ही वैसे उसका गति अधिक मन्दतर होती जाती है। नीचे के नगरों के निवासी, ज्वालामुखियों के उत्सर्ग (discharge) के समय, समय-समय पर यह देखने के लिए आते हैं कि लावा की धाराएँ किस प्रकार में आ रही हैं, और क्या उनके इतनी दूर तक नीचे उतरने की सम्भावना है जिसमें नीचे बसे हुए प्रदेशों में जन घन की सड़क पैदा हो जाय। जैसे ही लावा की धाराएँ अधिक समतल भूमि पर पहुँचती हैं वैसे ही वे फैल जाती हैं। लावा जहाँ-तहाँ तालाब और बीलों को जम देने वाले गड्ढों में भर जाता है जो शीघ्र ही ठास

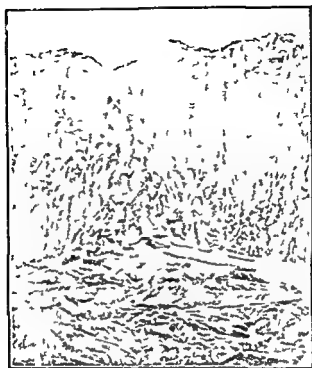


Fig 354
Lava falling over cliffs Kilauea
(U S Challenger Rept)

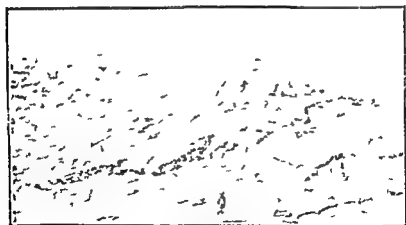


Fig 355
Relatively smooth lava surface near the Jordan craters Malheur
Co Ore (U S Geological Survey)

हा जान है। कभी-कभी लावा उत्प्रपाना (chills) में नीचे आर कभी-कभी समुद्र के भीतर गिर जाता है (चित्र ३५४)।

कठार हा जान के बाद किसी लावा घाट (lava flow) का तब प्राय चिन्न हो सकता है (चित्र ३५५), किन्तु अनेक दशाया में वह सुग्दग ही रहता है। ऐसा सुग्दग लावा रज्जुगन (ropy) (चित्र ३५६) जयवा आँवा के समान (clinkery) हो सकता है (चित्र ३५७)। रज्जुता (ropiness) तब के ताप के अणन कठार हा जाने के बाद की गति के कारण होती है और लावा के समान वाला तब, लावा की धारा की कठार पपटी के टूटन के फलस्वरूप उत्पन्न है।

जब लावा बाहर रहता है तब शीघ्र पर स्थित विवर में लावा की झील नीचे गिर जाती है, और विवर के फल के विनाल लण्ड, जो पहले नीचे के लावा द्वारा ढाँप उठाया गया था, नीचे डूब जान है।

हवाई द्वीप के ज्वालामुखिया के उदगार के समय आप नहीं निकलती है, ज्वालामुखी की मूल या ज्वालामुखी के अगार (cinders) की बीछारें नहीं जाती है, जार की गडगडाहट अथवा बिम्फाटोय ध्वनिया भी नहीं जाती और न भूकम्प ही आते हैं। कहीं-कहीं उदगार महीना तब जाती शानि के साथ लगानार चल सकता है कि केवल निरुद्ध के व्यवस्था का ही उसकी जानकारी हा पानी है।

हवाई द्वीप ज्वालामुखी तापुआ की श्रृंखला में एक है जो लगभग ६१० मिमीमीटर (६०० मीन) लम्बा है। अत मीना लाया, जय अययन विद्य गया ज्वालामुखिया के समान ही, अपन प्रदश की वर्षाव मन्वोआ में से गए है।

उदगार की सामान्य क्रिया (Common phenomena of an eruption)—
जब तब के वणता में उदगार की आवश्यक विशेषताया का एकर क्रिया जा सकता है। बिम्फाटी उदगार (explosive type of eruption—जिन ज्वालामुखिया के उदय हान में जोर की ध्वनि उत्पन्न होती है) में, ज्वालामुखी की गडगन के भीतर हान जाने बिम्फाटी के कारण गडगडाहट एवं भूकम्प के धक्के, जिमा प्रचण्ड उदगार में पूव गप्ताहा अथवा महाना तब भी अनेक दशाया में हान रहन है। जैम-जैम बिम्फाट प्रचण्ड हान जान है जैम ही बम गन, अगार तथा बम (bomb) निरगत है और शत्रु के पाश्वों पर गिरन है। तब जययन पर पवन तब शीघ्र हिदता रहता है। तब में उठन हुए सघनित वाष्प एवं धून के मध आराण का ताता प्रना दन है और भूमलाधार वपा महीन धून पर गिरन उठन शीघ्र की नदिया उत्पन्न कर दता है। धल, जगार आदि के जाय-माय तबन लावा हा भी सकता है और नहीं भी हा सकता है। शान्त उदगार (quiet eruptions) में लावा विवर में उपर का उठता है और कभी-कभी उसकी उत्पान भूमि (rim) के उपर हातर रहता है किन्तु अधिक सामान्यत, शत्रु के पाश्व में किसी भूकम्प के धक्का द्वारा जयवा भीतर की पिघली हुई चट्टाना के दबाव के द्वारा कहीं दरार फट जाती है और शीघ्र में नीचे लावा निकलने लगता है। किसी किसी ज्वालामुखी में दहन

(burning) तनिन या बिलकुल नही हानी क्याकि उनम जवन व लिए कुछ भी नही जाना, जतएव दमम धुआं नही हाना है । जा वम्नु धुएँ के समान प्रतीत हानी है

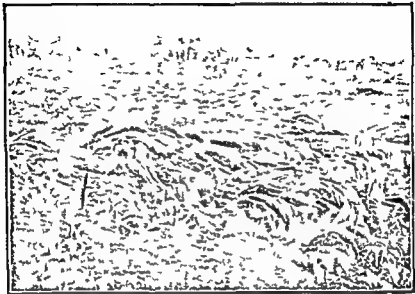


Fig 356

Ropy surface of lava Mauna Loa flow of 1881 (Calvin)

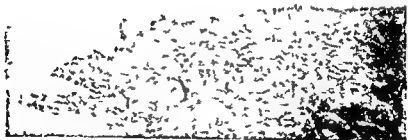


Fig 357

Clinkery lava, Cinder Buttes Idaho (U S Geological Survey)

यह अधिकांश मघनित जल का भाप (वादल) हाना ह जा घूल द्वारा प्रायः जाना हा जाती है ।

ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न पदार्थ (The Products of Volcanoes)

ज्वालामुखियाँ मजबूत पदार्थों द्वारा आने हैं वे अशुद्ध ठोस अशुद्ध द्रव और अशुद्ध गैस रूप में होते हैं। धूल, अम्ल तथा चट्टान के टुकड़े बड़े टुकड़े ठोस होते हैं, बहता हुआ लावा द्रव होता है और निम्नलिखित वाली राष्पाएँ गैसों की संख्या बहुत बड़ी होती है।

लावा (Lava)—किसी ज्वालामुखी से निकलती हुई समस्त तरल चट्टान लावा कहलाती है। यह जल उम चट्टान के लिए भी प्रयोग में आता है जो तरल लावा के ठण्डे होने पर ठोस हो जल पर बनती है।

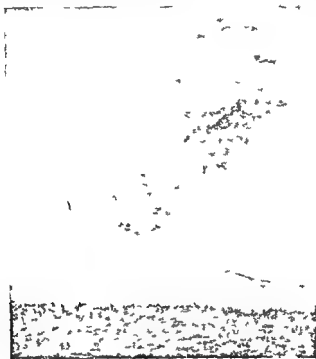


Fig 358

The Volcano of Colima Mex, in an active condition, March 24 1903 (Arricola)

लावा जल के समान स्वतंत्र रूप से बहता है। कुछ परिस्थितियों में वह बहुत चिपचिपा (viscous) होता है। जिस दूरी तक वह प्रवाहित होता है वह दूरी लावा की मात्रा और अपने तन के द्वारा एक तरलता पर निर्भर होती है। लावा की मात्रा, तन का ढाल और तरलता जितनी ही अधिक होगी उतनी ही अधिक दूर तक लावा बहता चला जा सकता है।

जब लावा बहता है तब उसका ऊपरी तन ठण्डा होता है और कठोर पड़ जाता है। इस प्रकार किसी लावा की सतह का तन ठोस हो सकता है जबकि उसका भीतरी भाग अब भी द्रव है। तब यह एक आवरण के पाश्च या जल पर

ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न पदार्थ (The Products of Volcanoes)

ज्वालामुखियाँ जो पदार्थ उत्पन्न करती हैं वे जल, जलवाष्प और जल
में घुलने वाले पदार्थ हैं। उन ज्वालामुखीय चट्टानों के टुकड़े-टुकड़े जो निकलते हैं, बहने लगे
गैसों के द्रव दाना और निकलने वाली गैसों में गैसों की मध्यम गति होती है।

लावा (Lava)—किसी ज्वालामुखी में निकली हुई समस्त तरल चट्टान
लावा कहलाती है। यह जो कि उस चट्टान के लिए भी प्रयोग में आता है जो तरल
लावा में गड़े हुए पदार्थों से जल पर बनी है।



Fig 556
The Volcano of Colima Mex in an active condi-
tion March 24 1903 (Arricols)

लावा जो कि समस्त तरल पदार्थ कहलाता है। कुछ परि-
स्थितियों में वह बहुत चिपचिपा (viscous) होता है। जिस दूरी तक वह
प्रवाहित होता है वह दूरी लावा की मात्रा और जल और जलवाष्प के दानों पर
निर्भर होती है। लावा की मात्रा और जल और जलवाष्प के दानों की अधिक
मात्रा होती है अधिक दूरी तक लावा बहता चला जा सकता है।

जब लावा बहता है तो उसके ऊपरी तल ठंडा होता है और उसके पर
जाता है। इस प्रकार किसी लावा की सतह का तल ठंडा हो सकता है जबकि
नीचे की तरफ जल और जलवाष्प के दानों का दान है। कठोर पट्टे हुए लावा के दानों का जल पर

(burning) तनिक या प्रिनकुन नहीं होनी बयावि उनम जनन व निण कुउ भी नहीं होना, जतणव इसम घुजा नहीं होना है । ता वम्नु धुणें के समान प्रतीत होना है

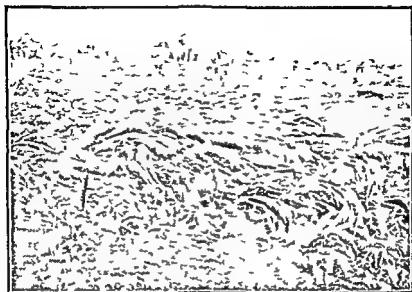


Fig 356

Ropy surface of lava Mauna Loa flow of 1881 (Calvin)



Fig 357

Clinkery lava Cinder Buttes Idaho (U S Geological Survey)

वह अधिकांशतः सघनित जल की भाष (बादल) हानी दू जा धूल द्वारा प्रायः काली हो जाती है ।

ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न पदार्थ (The Products of Volcanoes)

ज्वालामुखीय पदार्थों में से ज्वालामुखीय द्रव, जल, द्रव और जलन
गैस रूप में होते हैं। इन ज्वालामुखीय चट्टान के उद-व-दुक्कट द्रव होते हैं। यही द्रव
नावा द्रव होता है और निकलने वाली गैसों की संख्या बहुत बड़ी होती है।

नावा (Lava)—किसी ज्वालामुखी से निकली हुई भस्म तब चट्टान
नावा कहलाती है। यह जल-द्रव चट्टान के लिए भी प्रयोग में आता है जो जल
नावा से निकलने पर द्रव हो जाता है।



Fig. 11
The Volcano of Colima, Mex. in an active condition
March 24 1903 (Armstrong)

नावा जल के समान स्वरूप होता है और बहता है। कुछ पवि-
त्रि-विशेष में यह बहने के लिए विविध (viscous) होता है। जिस द्रव वह
प्रवाहित होता है वह नावा नावा का नाम होता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है। नावा का द्रव नावा का नाम होता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है। नावा का द्रव नावा का नाम होता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है।

यह नावा बहता है तब तक कि जल नावा बहता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है। यह नावा बहता है तब तक कि जल नावा बहता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है। यह नावा बहता है तब तक कि जल नावा बहता है जो जल के द्रव स्वरूप में
निकलता है।

तब तरल भाग की नोड्स लावा बाहर जा सकता है जोर खोखली गपनी को छात्र कर बहकर दूर जा सकता है। अधिक शीतल होने पर आवरण मिकुलता जोर फटना है और उमक कुछ भाग नीचे गिर जाना है। कुछ स्थितियां म कठोर पटा हुआ तब नीचे के तरल लावा की गति के कारण टूट जाता है जोर ठोम खण्ड गतिशील तरल लावा द्वारा स्थानान्तरित एवं उलटे जाकर तल की एक कटा फटा स्वरूप प्रदान कर देने है (चित्र ३५७)। सन १८७२ म दक्षिणी पूर्वी ओरेगान (सयुक्त राज्य) के माडाक इण्डियना न इस प्रकार के लावा स्तर (lava beds) म स्थित अपन लगभग दुगम शरणस्थला से सुरक्षित हो युद्ध आरम्भ कर लिया जो सयुक्त राज्य के मैन्सा के विरुद्ध कुछ समय तक सफर रहा।

ठाम होने समय लावा विभिन्न जाशर ग्रहण करता है। यदि यह शिना दबाव के कठोर होता है जैसा कि तल के ऊपर, ता इसमें निहित गैसों और वाष्प फैलती है और यह एक प्रकार के शिना पेन (rock froth) में परिवर्तित हो जाता है। यदि लावा पेन बने शिना ही शीघ्रता से ठोम हो जाता है ता वह ज्वालामुखी काच अथवा ज्वाला काँच (obsidian) बनाता है। यदि लावा दबाव में पड़कर श्रमण शीतल होता है ता जिन पदार्थों म वह बना होता है वे विभिन्न खनिजों के रूप म स्फटित (crystallized—बणदार) हो जाते हैं। खनिजों के प्रकार एवं उनका अनुपात लावा की संरचना पर निर्भर करते हैं।

अगार, राख इत्यादि (Cinders, ashes etc)—किसी ज्वालामुखी से निकला हुआ खण्डित पदार्थ का अधिक भाग उस लावा के भागों के अनिश्चित और कुछ नहीं होता है जो निकलन से पहले ही ठोम हो गया था अथवा वायु में उठन समय ठोस बन गया था। ये टूट हुए टुकड़े जाकार म टना भार के खण्डों म लकर धूल के छोट बणा तक होते हैं।

वायु में बहुत दूर तक फैले गए धूल के हलके बण पवनो द्वारा ग्रहण कर लिए जाते हैं और अचानक दूरी तक ले जाये जाते हैं जैसा कि पहले कहा जा चुका है। अतः जब तरल लावा एक विशालतम टूट हुए पदार्थ ज्वालामुखी म निकलन के बाद निराम स्थान (छेद) के समीप रुक जाते हैं सूक्ष्म (महीन) पदार्थ दूर तक बिगड़ आते हैं।

गैसें तथा वाष्प (Gases and vapours)—जो गैसें तथा वाष्प ज्वाला मुखिया से निकलती हैं वे अनेक प्रकार की होती हैं। इनमें से अत्यंत सामान्य गैसें पानी (H_2O), कार्बन डाईऑक्साइड (CO_2), हाइड्रोक्लोरिक एसिड (HCl), सल्फर-डाईऑक्साइड (SO_2) और हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) ही होती हैं, किन्तु इन मुख्य गैसों के अनिश्चित दूसरी अल्प गैसें भी होती हैं। कुछ गैसें क्षिप्य होती हैं और उनका तापमान इतना ऊँचा हो सकता है कि उनमें जीवन का नाश हो जाय जैसा कि माण्ट पेले (Pelee) की गैसों में हुआ था।

ज्वालामुखियों की संख्या, वितरण आदि
(Number, Distribution, etc)

संख्या (Number)—ज्वालामुखियों की संख्या का निश्चय कर सकना

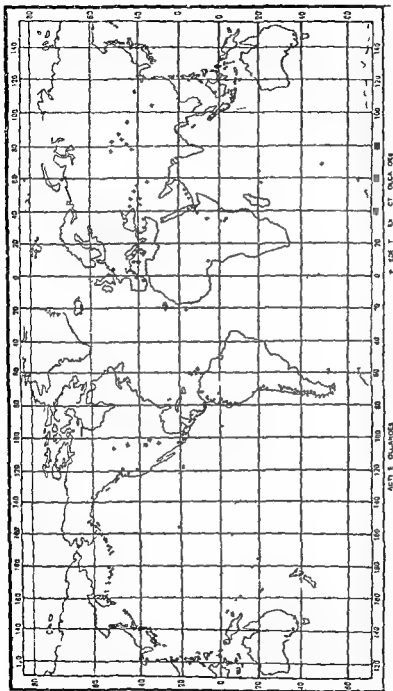


Fig 359
Map showing the distribution of volcanoes (After Russell)

मरुत काम नहीं है। ऐसा निश्चय न कर सकने के विभिन्न कारण हैं। पहली बात यह है कि यह उहना ही असम्भव हो सकता है कि कौनसा शांत (quiet) ज्वालामुखी प्रसुप्त (sleeping or dormant or slumbering) अवस्था में (extinct) है। वह यदि प्रसुप्त है तो ज्वालामुखी की श्रेणी में गिना जाना चाहिए और यदि मृत है तो उसको इस श्रेणी में सम्मिलित नहीं किया जा सकता है। दूसरी बात यह है कि प्रायः ज्वालामुखियों के निगम-स्थान (vent—छिद्र) बदल जाया करत है तथा यह भी सम्भव है कि वह ज्वालामुखी एक जगह से दूसरी जगह पर स्थान में रुई सहायक निगम (vents) से भी उभर कर सकता है, जो यूनाधिक रूप में प्रमुख निगम से घनिष्ठ सम्बन्ध रख सकते हैं। इसमें भी विशेषीकृत मत हो सकते हैं कि क्या ये विभिन्न निगम अलग अलग ज्वालामुखी मान जायें? इस तथा अन्य कारणों से सक्रिय ज्वालामुखियों की संख्या का निश्चय नहीं किया जा सकता है। अधिक प्रचलित अनुमानों के अनुसार ज्वालामुखियों की संख्या ३०० और ६०० के मध्य है। उनमें से लगभग दो तिहाई ज्वालामुखी द्वीपों पर स्थित हैं और शेष महाद्वीपों पर। समुद्र में भी अनेक ज्वालामुखी हो सकती हैं किन्तु उनके विषय में कुछ भी जान नहीं है। क्योंकि गहरे समुद्र में ज्वालामुखियों का पता लगाना में अभी लग सकता है।

वितरण (Distribution)—सक्रिय ज्वालामुखियों का सामान्य वितरण चित्र ३५६ में दिखाया गया है। उनमें से अनेक पेटिया (belts) में हैं और पेटियों में मध्य उनमें से कुछ पश्चिम में हैं। सर्वाधिक सुस्पष्ट पट्टी प्रशान्त महासागर का लगभग घेरी है। वह पट्टी एमी लगनी है माना वह वाष्प उगलत हुए निगमों की एक मेखला (girdle—कौनों) है। कहा जा सकता है कि यह पट्टी दक्षिणी अमेरिका के दक्षिण में स्थित ज्वालामुखीय द्वीपों के साथ आरम्भ होती है और इसमें अण्डेज (Andes) एवं मध्य अमेरिका तथा मैक्सिको के पर्वतों में स्थित अनेक निगम सम्मिलित हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिम में जहाँ के ज्वालामुखी मृत हैं, यह पट्टी चाँही हो जाती है, किन्तु अल्का तथा एल्बूजियन द्वीपों में यह पुनः सँकरी हुई जाती है। प्रशान्त महासागर के पश्चिमी ओर ज्वालामुखी एक सुस्पष्ट मेखला बनाते हैं जिसमें कमोचका, कोरिया, जापान, फिलीपाइन द्वीपसमूह, यूगिनी, यून्नवाइडम तथा यूजीनो के अनेक जाग्रत निगम सम्मिलित हैं। कभी कभी पश्चिमी द्वीपसमूह के ज्वालामुखी भी इसी पट्टी की पूर्वी शाखा में मान जाते हैं। भूमध्यसागर में भी अनेक ज्वालामुखी हैं और उनमें से अनेक ऐसे हैं जिनकी गणना किसी न किसी सुस्पष्ट पट्टी के अन्तर्गत की जा सकती है।

अधिकांश ज्वालामुखी समुद्र के भीतर अवस्था में निकट हैं। अनेक पर्वतीय प्रदेशों में है किन्तु यह कदापि मय नहीं है कि सभी पर्वतीय प्रदेशों में ज्वालामुखी अवश्य हैं ही। अनेक ज्वालामुखी समुद्र के तटों की पर्वत श्रृंखलाओं अवस्था में उभरते (swells) पर हैं अवस्था में समुद्र से ऊपर उठी हुई पर्वत श्रृंखलाओं एवं उभारों पर हैं। उदाहरण के लिए पश्चिमी द्वीपसमूह के ज्वालामुखी सामान्यतया तटों के समीप हैं,

परन्तु ये सभी तट्टा व समीप नहीं हैं, और न सभी महाद्वीपों के किनारे पर ही ज्वालामुखी स्थित हैं। जमीना में एक जाग्रत ज्वालामुखी है जो समुद्र में १,१२० मीट्रोमीटर (७०० मीटर) दूर है और श्रीलंका, कानोरोटो एवं थिबेट (Thibet) में समुद्र में ८०० म १,२८० किलोमीटर (५०० म ८०० मीटर) तक की दूरी पर स्थित ज्वालामुखिया व नवीन श्रुत हैं। अतएव यह नहीं कहा जा सकता है कि समुद्र अन्तः परत शालाओं की समीपता ज्वालामुखियों की उपस्थिति के लिए आवश्यक प्रतिपक्ष है। अन्य मशहूर ज्वालामुखी महाद्वीपीय पठारों में सामान्य ढालिया व उतार (descent) व समीप स्थित हैं। सम्भवतः उनके स्तरण की यह सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण विशेषता है। साधारणतः किसी एक ज्वालामुखी से दूसरे ज्वालामुखी की अपेक्षा ज्वालामुखी विशेष रूप से अधिक मर्यादित नहीं है। किसी भी अवस्था में, ज्वालामुखी के स्तरण व उतार का पर्याप्त विस्तार है।

जो सूचना अब तक प्राप्त है, उसके आधार पर यह सामान्य निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि स्तरण पर स्थित ज्वालामुखी सामान्यतया उन स्थानों में सम्प्रचित हैं जो निम्न अक्षांशों में स्थित हैं। यह सोचा जाता है कि तब की ये श्रुतियाँ उन तट्टा व नीचे के अधिक गहरे प्रदेशों के द्वारा एवं तापमान पर कुछ प्रभाव डालती हैं और द्वारा तब तापमान की ये विभिन्नताएँ उन आवश्यक शर्तों में से हैं जिनके कारण तब व नीचे लाजा गहर निकलता है।

ऐतिहासिक (Historical)—जहाँ तक कि पृथ्वी का इतिहास अब तक जाना है प्राचीन युगों तक भी जहाँ तक ज्वालामुखी पृथ्वी के इतिहास में उपस्थित रहें हैं, किन्तु ज्वालामुखीय क्रिया सदैव ही समान रूप में मशहूर रहती हुई जान नहीं जाती है। ऐसा जाना जाता है कि महान ज्वालामुखीय क्रिया व काल (periods) जान रहे हैं जो जिन युगों की क्रिया व अधिकतर कालों के साथ परास्तरण (alternating) चलते रहें हैं। किन्तु हमें पता नहीं है कि किसी समय ज्वालामुखी पर्वतों की क्रिया सम्पूर्ण रूप में उदर भी हुई है।

यद्यपि ज्वालामुखीय क्रिया निरन्तर चलमान रहती हुई जान जाती है किन्तु अपनी श्रृंखला में उसका स्तर युगांतरिक रूप में नियमित होता है, तथापि ज्वालामुखी क्रिया व स्तरण समय समय पर उदरन रहते हैं और जिन क्षणों में अब ज्वालामुखी पाये जाते हैं व, व क्षणों में जहाँ पूरे समय में ज्वालामुखी हैं।

ज्वालामुखीय क्रिया व विषय में जो कुछ अब तक पता है उसमें यह प्रतीत होता है कि साधारणतया किसी एक ज्वालामुखी का आरम्भ होता है, वह एक निश्चित समय तक जीवित रहता है और मर भी जाता है। किसी विशेष प्रदेश की ज्वालामुखीय क्रिया का इतिहास भी हमें समान ही जाना जाता है। ऐसा भी जाना जाता है कि किसी विशेष प्रदेश में ज्वालामुखीय क्रिया का स्वरूप परिवर्तित हो सकता है। किन्तु किसी ज्वालामुखीय प्रदेशों में दगर व फटन की क्रिया (fissure eruption) ज्वालामुखीय इतिहास के आरम्भ में ही आ गया। जैम-जैम क्रिया कम जाना गया, वही ही जैम दगर व फटन का स्तर ज्वालामुखीय न ग्रहण

कर दिया जोर ज्वालामुखी प्रमण सक्रिय होन गय और अन मे शान्त भी हो गये ।

वास्तविक ज्वालामुखी की क्रिया के सम्पाप्त हो जान के पश्चात भी सम्पूर्ण प्राकृतिक घटनाएँ चलती रहती है, जैसे संयुक्त राज्य के यनोन्टान नेशनल पार्क मे अनेक गरम जल व सोन (geysers), उष्ण स्रोत (hot springs) तथा अन्य छिद्र हैं जिनमे से हावर उष्ण भाष निकलती है । ऐसी घटनाएँ सम्भवत उम प्रदेश मे ज्वालामुखीय क्रिया के अंतिम स्वरूप की प्रतिनिधि है ।

आग्नेय क्रिया पूर्णत ज्वालामुखीय नहीं

(Ingeous Phenomena Not Strictly Volcanic)

दरारो के उदघार (Fissure eruptions)—कभी कभी लावा ज्वालामुखिया की अपक्षा छोटे निर्गमो (छिद्र) मे से निकलन के स्थान मे बड़ी बड़ी दरारो मे से निकलकर तल पर आता है । ऐसी दरारा मे से लावा की बाढ़ें (floods) समीपवर्ती प्रदेशों पर फैल जाती है, किसी किसी परिस्थिति मे ता ये बाढ़ें सैकड़ो किलोमीटर दूर तक फैल जाती है । लावा की ऐसी बाढ़ें एक बार आरेगान, वाशिंगटन और इडाहो मे आयी थी, जहाँ पर एक के बाद दूसरे, और दूसरे के बाद तीसरे, आदि क्रमिक प्रवाहों द्वारा वे पहाड़ियाँ और घाटियाँ नीचे ढल गयी जो वहाँ पर पहले से ही विद्यमान थी, और ५,००,००० बर्ग किलोमीटर (२,००,००० बर्ग मील) अथवा अधिक विस्तार बना एक विशाल पठार बन गया (चित्र ३६०) । स्थानीय रूप मे, लावा के पठार का लगभग समधरातन (nearly level surface) अपनी सीमा के पक्ता से कुछ-कुछ इसी भाँति मिल जाना है जैसे समुद्र स्थल से मिला करता है, जबकि पुरानी चट्टानों के टापू इससे ऊँचे उठे हुए हान है ।

इस लावा के पठार मे स्नेक नदी (चित्र २३) ने एक विशाल गहरी घाटी

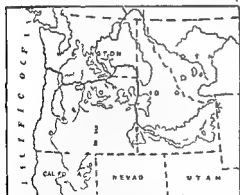


Fig 360

Lava flows of the north western part of the U S

(canyon) काट दी है जो कहीं कहीं १,२१६ मीटर (४,००० फुट) तक गहरी और २४ किलोमीटर (१५ मील) तक चौड़ी है । घाटी की दीवारों पठार की रचना (structure) को स्पष्ट करती है । अथवा ता के साथ साथ वे क्रमिक (successive) लावा के प्रवाहों के बिनारा को प्रदर्शित करती हैं जो कभी कभी तलछट के स्तर (beds of sediment) द्वारा अलग अलग हो गये हैं । इन स्तरों की मिट्टी में

वृक्षा की जड़ें और तने अब भी सुरक्षित हैं । तलछट के ये स्तर तथा यह मिट्टी प्रकट करते हैं कि एक के बाद दूसरे लावा प्रवाहों के बीच समय का पर्याप्त अन्तर रहा

था। गहरी घाटी की दीवारों में एक स्थान पर एक अति प्राचीन शैल शिखर (rock peak), जो नदी के तल से ७६२ मीटर (२,५०० फुट) ऊँचा है, ६५७ मीटर (१,५०० फुट) मोटे लावा से ढका हुआ है। यहाँ पर एक ऊबड़ साबड़ पर्वतीय प्रदेश लावा की बाढ़ों द्वारा एक पठार के रूप में परिवर्तित कर दिया गया था। तब से, पठार का एक भाग भरिताओं द्वारा गहरा काट दिया गया है, उसके कुछ भाग अब भी लगभग समतल हैं। कुछ भाग खण्डों में टूट गये हैं जो मुड़कर पक्षनशाखा बन गये हैं, तथा कुछ अन्य भाग ऊपर उठकर गुम्बद पर्वत (dome-mountains) बन गये हैं। ओरेगन के ब्लू पर्वत (Blue Mountains of Oregon) एक लम्बाईयुक्त गुम्बद (elongate dome) अथवा उद्वलित (anticline—अपनति) है।

इसमें बड़े आकार का एक अति प्राचीन लावा का पठार भारत में भी है। अधिक प्राचीनता, समुद्र का समीपता एवं आद्र जलवायु के कारण यह पठार ओरेगन के पठार की अपेक्षा अधिक बटा फटा (dissected) है। यह कहा जाता है कि लावा के कारण इसके कुछ क्षेत्रों की मिट्टी जलमय उपजाऊ हो गयी है^१ जिसके कारण दक्षिण का पठार (भारत) कपास उपजाने वाला प्रदेश प्रसिद्ध है। प्रवाहों के कटे हुए छोरों पर स्थित लावा की ऊँची पहाड़ियाँ देश के युद्धों में प्रायः अति शक्तिशाली दुर्गा (किला) का काम करती रही हैं। अन्य कटे हुए लावा के पठार आयरलैण्ड के उत्तरी तट और स्कॉटलैण्ड के पश्चिमी तट पर पाये जाते हैं। स्कॉटलैण्ड में दूर कुछ द्वीप एक प्राचीन लावा के पठार के अवशेष हैं।

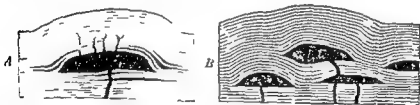


Fig 361

A Ideal cross section of a laccolith with accompanying sheet and dikes B Ideal cross section of a group of laccoliths (Gilbert U S Geological Survey)

गणितीय बाल में आयरलैण्ड में भी दर्रा के उद्गार (fissure eruptions) हुए हैं। सन् १७८३ में ऐसे प्रवाह एक ३२ कि०मीटर (२० मीटर) के लगभग लम्बी दर्रा में हुए थे। दर्रा के दोनों ओर लावा स्तर (beds) में फन गया और ऊँचे स्थानों की अपेक्षा उनके बीच स्थित घाटियाँ में अधिक दूर तक बढ़ गया। इस सम्बन्ध के लावा के प्रवाह हिमालय की गति के समान ही होते हैं।

^१ कहा ही नहीं जाना कि वह वास्तव में ऐसा है भी।

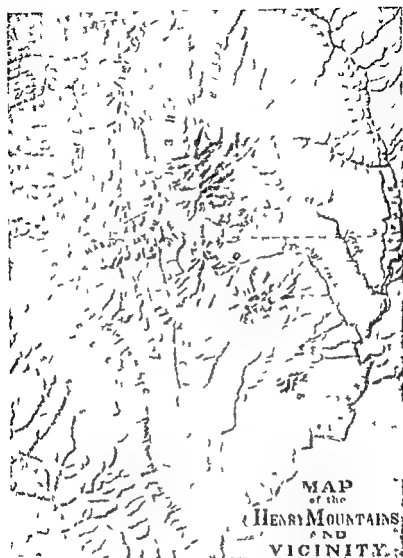


Fig 362

Relief map of the Henry Mountains (Gilbert U S Geological Survey)

यद्यपि दगर के उदगारा का लावा पठारा का निमाण करना है अथवा उन मैदानों के तल का ऊँचा करना है जिन पर वह फैलता है, तथापि वह माध्यमतया पर्वतों को उत्पन्न नहीं करता है, किन्तु फिर भी, जब वह सरिताओं के अपक्षरण द्वारा काटा जाता है, उसमें पर्वतों का विकास भी हो ही सकता है।

लावा का अतर्भेदन (Intrusions of Lava)—तब तक उठे बिना, मध्य-मण्डल की पपटी के भीतर नीचे में लावा का अतर्भेदन होता है। ऐसी परिस्थितियाँ में तल का स्तर (strata) अतर्भेदन के ऊपर गानागाना (arched up) हो सकता है और गुम्बद बना सकता है जो कभी-कभी पर्वतों के आकार तक पहुँच जाते हैं। ऐसे पर्वत (चित्र ३६१-३६२), जिनमें उदाहरण यूटाह (Utah) के हेनरी पर्वत (Henry Mountains) हैं, ककुच्छल (Laccoliths—प्रस्तर की झील) कहलाते हैं। अन्य प्रकार के अतर्भेदन अथ स्वरूप ग्रहण करते हैं जैसे अत्यन्त बड़े आकार के अतर्भेदन अथ शल (batholiths—नीचे की ओर जाने वाले लड़े किनारों के गुम्बज या चट्टान) होते हैं और परतदार चट्टानों (stratified rock) के बीच प्रवेश करने वाली लावा की चादरे (sheets of lava) रालपट्ट (sills—यम आकार की चट्टान) होती हैं (चित्र ३६३)। कुछ स्थानों में लावा चट्टानों की दरारों (cracks) में प्रवेश करने के लिए बाध्य होता है और वहाँ रालभित्ति (dikes) के रूप में जम जाता है (चित्र ३६३, a)।



Fig 363

Diagrammatic representation of the relations of igneous rock to stratified rock. The igneous rocks represented in black have been forced up from beneath

ज्वालामुखीय क्रिया के कारण (Causes of Vulcanism)

ज्वालामुखीय क्रिया के कारण प्राकृतिक भूबल अथवा शक्ति में कुछ माहिर हैं, किन्तु फिर भी यह कहा जा सकता है कि ज्वालामुखीय क्रिया का लावा किसी तरल भीतरी भाग (liquid interior—तरल आन्तरिक भाग) से आता हुआ उठी दिग्गद बना है, और यह छिद्रों (adjacent vents) से निगमन वाला लावा किसी तरल चट्टान के किसी एक ही भण्डार (common reservoir) में जाता हुआ माना नहीं जाता है। इसका मतलब यह है कि कुछ समीपी छिद्र या निगम विभिन्न प्रकार के लावाओं को निगमन करते हैं, इसकी पुष्टि इस बात से भी होती है कि समीपी छिद्रों से लावा प्रायः एक ही समय में अथवा विभिन्न ऊँचाइयों पर रहता है।

ज्वालामुखिया की व्याख्या में दो बातों का स्पष्टीकरण होना आवश्यक है—

(१) तरल लावा और उस उत्पन्न करने के लिए आवश्यक ऊष्मा, और (२) वह शक्ति जो उसे तब तक पर ले जाती है।

यह बात अधिक उचित होगी कि पिघली हुई चट्टानों की अपक्षा लावा का खनिज पदार्थ का खनिज पदार्थ में घोलन (solution) समझना चाहिए, परन्तु यह धोल केवल उच्च तापमान पर ही बनता है। खनिज पदार्थों को एक दूसरे में घुलने के लिए बाध्य करने वाली आवश्यक ऊष्मा के खोल के विषय में विभिन्न मतों का प्रतिपादन हुआ है। इन मतों को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—(१) वे, जिनके अनुसार ऊष्मा प्राथमिक (primary) है, तथा (२) वे जो यह मानते हैं कि ऊष्मा शिलाओं को तरल बनाती है, वह द्वितीय (secondary) है। प्रथम के अनुसार पृथ्वी का भीतरी भाग सदैव उष्ण रहा है, या कम से कम तब तक जब से पृथ्वी ने अपना वर्तमान आकार धारण किया है, द्वितीय के अनुसार ऊष्मा उस शैल में (तब की निकटता की अपक्षा) विकसित हुई जो अभी शीतल थी। इन मतों पर आधारित ज्वालामुखीय क्रिया की कुछ कल्पनाओं पर संक्षिप्त विचार किया जा सकता है।

प्राथमिक ऊष्मा (Heat primary)—(१) पहले यह सोचा जाना था कि पृथ्वी का सम्पूर्ण भीतरी भाग द्रव (liquid) था और ज्वालामुखी के छेद इस तरल भीतरी भाग से जुड़े हुए थे। यह धारणा कई एक जान माने तथ्यों पर आधारित थी। गहरी खानें एक सभी प्रकार के गहराई की ओर जान वाले छेद (borings) यह प्रकट करने हैं कि बढ़ती हुई गहराई के साथ साथ तापमान भी बढ़ता जाता है। तापमान की वृद्धि की गति में ४ मीटर (१७ फुट) के लिए 1° से लेकर ६० मीटर (२०० फुट) से अधिक के लिए 1° तक का विस्तृत अंतर मिलता है। वृद्धि की औसत दर, जैसा कि उन गहरी खानों एवं अथ छेदों (borings) के विवरण द्वारा प्राप्त है जो अधिकतम विश्वास के योग्य आँकड़े प्रस्तुत करते हुए पाते होते हैं, अभी तक अधिकतम गहराई तक नीचे २४ मीटर से ३० मीटर (८० से १०० फुट) के लिए लगभग 1° है, परन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि सबसे अधिक गहरी खुदाइयाँ गहराई में एक किलोमीटर से केवल कुछ ही अधिक हैं, और यह कि अधिकतम खुदाइयाँ जिन पर ये निष्कर्ष आधारित हैं, बहुत कम गहरी हैं। यदि ऊष्मा प्रत्येक ३० मीटर (१०० फुट) के लिए 1° औसत दर से बढ़ती है तो 3000° का तापमान लगभग ६६ किलोमीटर (६० मील) की गहराई पर प्राप्त होगा। ऐसा तापमान तब तक चट्टानों को पिघलाने के लिए काफी होगा, किन्तु हम यह परिणाम नहीं निकाल सकते हैं कि इस गहराई पर चट्टानें पिघली हुई अवस्था में हैं, चाहे तापमान 3000° ही क्या न हो। इस गहराई पर ऊपर की शिलाओं के कारण अपार दबाव है। जब चट्टानें पिघलती हैं तो वह फैलती भी हैं और इस गहराई पर दबाव फैलाव को रोकने के लिए पर्याप्त हो सकता है, और इस कारण वह पिघलने की सामान्य क्रिया को रोक सकता है। यह विश्वास करने के अनेक कारण

ह कि यद्यपि पृथ्वी के भीतरी भाग का तापमान अनि ऊँचा है, तथापि वहाँ की चट्टानें अब भी ठोस हैं। इस उपकल्पना (hypothesis) का मूल तत्त्व, कि सभी ज्वालामुखी एक ही तरंग केंद्र से आरम्भ होते हैं, झूठा माना जाता है।

(२) ऐसा कहा गया है कि ठोस पपटी के नीचे तथा एक विशाल ठोस केंद्र के ऊपर एक तरल स्तर (liquid layer) है। इस उपकल्पना का पूर्णरूप से समर्थन देना दिया नहीं देना है। ऊपर बतायी हुई उपकल्पना के प्रति उठायी गयी आपत्तियाँ को दूर करना भी सम्भव नात नहीं होता।

(३) एक अन्य मन यह रहा है कि जब पृथ्वी वास्तव में ठोस है तो यह अपने भीतरी तापमान के रहने हुए भी ठोस है, और यह कि यदि तब के नीचे कुछ स्थानों पर दबाव कम किया जा सके तो गरम चट्टानें फैसलर द्रव बन जायगी। ऐसा विचार किया जाता है कि तब से नीचे का दबाव वहाँ पर कम हो जायगा जहाँ कि पृथ्वी का बाहरी भाग मुड़ा हुआ है, जैसा कि कुछ पर्वतों में होता है। इस उपकल्पना का अधिक समर्थन मिला है, किन्तु ज्वालामुखियों से सम्बन्धित कुछ मूलभूत (fundamental) तथ्यों का स्पष्टीकरण, उनके वितरण के समान ही होता हुआ दिया नहीं पड़ता है।

द्वितीय ऊष्मा (Heat secondary)—इस उपकल्पना की स्यादया, कि ज्वालामुखीय क्रिया में निहित गरमी द्वितीय ऊष्मा है, का प्रयास इस प्रकार से है (१) शिलाओं का दलन (crushing of rocks), जसा कि उस समय होता है जबकि शिलाओं के स्तर (beds) मुटन हैं अथवा (२) शिलाओं के तत्त्वा के या इन तत्त्वा एक तब से नीचे प्रवेश करने वाले जन के मध्य होने वाली रासायनिक क्रिया। वर्तमान काल में इन उपकल्पनाओं का मान्यता प्राप्त नहीं है।

सारांश (Conclusion)—उपयुक्त उपकल्पनाओं में से कोई भी उपकल्पना या सभी उपकल्पनाएँ मिलकर पर्याप्त रूप से ज्वालामुखी की क्रिया का स्पष्टीकरण करने में हुई नात नहीं होती है और न कोई भी उपकल्पना इस रूप में हो सकी गयी है कि वह पूर्णरूप से सन्तुष्टजनक हो। ऐसा होना सम्भव प्रतीत होता है कि (१) तरल लावा का स्थानीय निमाण एक क्रिया है जो निरन्तर किन्तु मन्द गति से गहरा भीतरी भाग में सम्भवतः उन स्थानों पर चलती रहती है जहाँ शक्ति की सामग्री जीमन की अपेक्षा अधिक सरवना में घुन मरन धार्य होती है और (२) तरल और तब पट्टेचन का माग, कुछ अवसरों पर स्थानों पर अथवा की अपेक्षा अधिक शीघ्रता में तथा अधिक मात्रा में, पानी रहती है। व प्रदेश जहाँ भूपटल सबसे कम स्थिर होता है, अर्थात् गतिमान होता है, उस प्रदेश में जो लावा को बाहर निकालने के लिए स्थान प्रदान करने की प्रथम शक्ति रखता है क्योंकि उसे स्थानों में पपटी सभी स्थानों की अपेक्षा सबसे अधिक कमजोर होती है।

लावा के बाहर निकलने में जो जो शक्तियाँ काम करती हैं, उनमें से दो शक्तियाँ स्पष्टतः मुख्य हैं—(१) गुरुत्व (gravity), और (२) लावा में स्थित वाष्प तथा गैसों की विशाल एवं विस्फोटक शक्ति, इनमें जल-वाष्प अधिक विशेष होती है।

तल के नीचे का लावा, यदि वह ऊपर की ठोस चट्टान की अपेक्षा हलका होना है तो, तब तब अपना भाग बनाने का प्रयत्न करना रहगा, अथवा अधिक स्पष्टतापूर्वक या कह सकते हैं कि ऊपर की अधिक भारी चट्टानों नीचे की हलकी तरत चट्टानों का बाहर धकेलती हुई नीचे बैठने का प्रयास करती हैं। कुछ ज्वालानुविद्या के उद्गार में और कुछ दरारों के उद्गार में यह सम्भवतः एक मुख्य कारण रहा है, या या कहिए कि यह सब कारणों में से सबसे अधिक महत्वपूर्ण कारण रहा है। यदि ऐसी अवसर पर सम्बंधित प्रदश पार्श्विक दबाव (lateral pressure) द्वारा प्रभावित होना है तो यह दबाव लावा को बलपूर्वक बाहर निकालने में सहायक हो सकता है। शांत उद्गारों के समय लावा के निकलने में ऊपर अथवा बगल (पार्श्व) से जो दबाव लगता है, वह मुख्य कारण जान पड़ता है। लावा की वाष्पें एवं गैसों इसका फैलाती हैं, विशेषतः जबकि दबाव स्वतंत्र हाता है, और इस प्रकार इसकी आपक्षिक गुरुत्व शक्ति को कम कर देती है।

प्रथम उद्गारों की स्थिति में गैसों तथा वाष्पों, विशेषतः जल वाष्पों, एक प्रमुख भाग लेती हुई ज्ञात होती है। किन्तु इन परिस्थितियों में भी यह सम्भव है कि लावा का तल के समीप तब ऊपर लाने में गुरुत्व ही प्रधान कारण है, और यह भी कि वाष्पें तथा गैसों भी केवल उन्हीं समय अधिक प्रभावशाली होती हैं जबकि स्थलमण्डल का तल समीप आ जाय।

ज्वालानुविद्याओं से निकलने वाली वाष्पों का ज्ञात एक ऐसा प्रश्न है जिसके विषय में अत्यधिक मतभेद है। इन वाष्पों में वे वाष्पें भी सम्मिलित हैं जो समुद्र के जल से प्राप्त की जाती हैं। इस तथ्य के आधार पर पहले यह निष्कर्ष निकाला गया था कि लावा के ज्ञाता तब समुद्र के जल की पहुँच थी। किन्तु अब यह सोचा जाता है कि सम्भवतः जब, तल के नीचे कुछ किलोमीटर से अधिक नहीं उतरता है, क्योंकि कुछ ऐसी गहराई के नीचे वे छिद्र एवं दरारें उपस्थित नहीं हैं जिनसे वे होकर जल नीचे उतर सके। यह निश्चित प्रतीत होता है कि लावा के स्रोत बहुत अधिक गहराई में होत है, अतएव यह असम्भव प्रतीत होता है कि समुद्र अथवा स्थल से नीचे उतरता हुआ जल ज्वालानुविद्या के स्रोतों तक पहुँचता हो।

यह सम्भव प्रतीत होता है कि जल के सम्पर्क में आने से पहले लावा समस्त स्थल के जल के नीचे की बहुत गहरी गहराइयों से बाध्य होकर तल के समीप की कुछ दूरी के भीतर आ जाता है। पपड़ी के बाहरी भाग में होकर जाते समय भाग में लावा निम्न-देह बाहरी पपड़ी के जल के सम्पर्क में आता है और जल को भाप में बदल देता है। इस प्रकार से उत्पन्न भाप सम्भवतः भूपटल के सबसे बाहरी भाग में से लावा के निकास का एक महत्वपूर्ण कारण है। किन्तु विश्वास कर सकने

के लिए उनमें से उनमें प्रमाण यह है कि तावा अत्यधिक गहराई में बाष्पा एवं गैसों को ले जाता है और उनमें जल की भाप भी होती है। ऐसा प्रतीत होता है कि हम प्रसार से गैसों और वाष्प पृथ्वी के भीतर पयाप्त लम्बे समय से ही विद्यमान थी। वास्तव में, यह सम्भव है कि उनमें से कुछ अनेक प्रथम बार पृथ्वी के तल पर पहुँच रही है। यदि यह सत्य है तो इनसे पृथ्वी के अम्लीय अणु (constituents) में समायोजन चाहिए।

ज्वालामुखीय क्रिया का स्थलाकृतिक प्रभाव

(Topographic Effects of Volcanic Action)

अनेक ज्वालामुखी विशाल शंकु (cones) का जन्म देते हैं और जैसा कि पहले ही मENTION किया जा चुका है कि उनमें से कुछ तो पर्वत के समान ऊँचे होते हैं। कनिष्ठ उदाहरणों के सम्बन्ध में विकास की प्रथम अवस्थाओं का अध्ययन किया जा चुका है।

ज्वालामुखियों के शंकु (Volcanic cones)—सन १५३८ में नएग्र की पार्श्व में उत्तरी तट पर एक छोटा सा ज्वालामुखी उदय हुआ और उसने एक १०० मीटर (६६० फुट) ऊँचा शंकु का जन्म दिया जिसके आधार का व्यास कुछ ही दिनों में लगभग ७६० मीटर (आठ मील) हो गया। इसके चिबुर (crater) १२० मीटर (४०० फुट) में भी अधिक गहरा था। ज्वालामुखी के विकास में पहले सूचित उदय हुआ था उस क्षेत्र में ज्वालामुखी के जनन से दो वर्ष पूर्व तक अनुभव किया जा चुका है।

सन १७७० में मध्य अमेरिका में इज़ाल्को (Izalco) नाम का ज्वालामुखी उस मैदान के मध्य फूट पड़ा जो तब एक पशु मरुदनान्त (cattle-ranch—पशुओं की वृद्धि करने का स्थान) था। तब से इसमें प्रपाती ढाल (steep slopes) युक्त एक सुटील शंकु का निर्माण किया है जिसकी ऊँचाई लगभग ६०० मीटर (३,००० फुट) है। इसके आरम्भिक एनिहासित बाल में लावा की धाराएँ समय-समय पर प्रायः निकलती रहती थीं जिनके साथ अगारा (cinders) आदि की सन्निधि भी होती थी। यद्यपि यह ज्वालामुखी विस्फोट करता हुआ सक्रिय बना रहा, तथापि शीघ्र ही तावा कड़े उपाय तक नहीं उठा। वास्तविक उद्गार के पूर्व भूकम्प (earthquakes) और गड़गड़ाहट (rumbling) होती रही थी।

जनवरी १८८० में मध्य अमेरिका में, सान साल्वदोर क्षेत्र में, इलोपंगा नाम का क्षेत्र (Lake Ilopango, San Salvador) में एक ज्वालामुखी फूट पड़ा। यह उद्गार एक महीने में अधिक समय तक जारी रहा, वह जन का गर्म करना रहा और मछलियों का मारना रहा तथा उसने शंकु की आकृति के एक टापू का निर्माण किया जो क्षेत्र में ८८ मीटर (२९० फुट) ऊँचा था, यह क्षेत्र १८० मीटर (६०० फुट) गहरी थी। ज्वालामुखी के जन्म से कुछ महीने पूर्व हम क्षेत्र में एक शक्तिशाली भूकम्प आया था। भूकम्प के पश्चात् क्षेत्र का पानी लगभग ११ मीटर (३५ फुट) नीचे उतर गया था।

पिछली शताब्दी के आरम्भ में, भूमध्यसागर में मिसली और अफ्रीका के मध्य, जहाँ पानी २४४ मीटर (८०० फुट) गहरा था, ब्राह्म नाम का एक ज्वालामुखी टापू उत्पन्न हुआ। सन् १८२१ में उस स्थान से जाने वाला एक जहाज का भूकम्प के घबका का अनुभव हुआ। जुलाई में एक समुद्री कप्तान ने सूचना दी कि उसने जल का ११ मीटर (६० फुट) ऊँचा और ७३० मीटर (२,४०० फुट) व्यास का एक स्तम्भ समुद्र में उठते हुए देखा और बाद में शीघ्र ही वाष्प का एक स्तम्भ देखा जा ५५० मीटर (१,८०० फुट) ऊँचा उठ गया था। कुछ दिनों के बाद जहाँ पर हलचल हुई वही वहाँ एक छोटा द्वीप ३६ मीटर (१२ फुट) ऊँचा निकल आया जिसके केंद्र में एक विवर या जिसमें उद्गार हो रहे थे। महीने के अन्त तक वह द्वीप १५ से २७ मीटर (५० से ९० फुट) तक ऊँचा एक १२ किलोमीटर परिधि वाला बन गया। ४ अगस्त को वह ६१ मीटर (२०० फुट) ऊँचा एक परिधि में ५ किलोमीटर (३ मील) था। ज्वालामुखीय क्रिया शीघ्र शांत हो गयी तथा १८३२ के आरम्भ में वह द्वीप तरंगों द्वारा नष्ट किया जा चुका था। इस ज्वालामुखी का जीवन पर्याप्त छाटा था, ऐसा ही वह द्वीप भी था जिसको दसन बनाया था।

आधुनिक समय में ज्वालामुखिया ने अलास्का के तट में दूर द्वीप बनाए हैं। सन १७९५ में एक ऐसा ही द्वीप अलास्का (Unalaska) के पश्चिम में लगभग ६४ किलोमीटर दूर पर दिखाई दिया। सन १८७० में यह द्वीप समुद्र तल से २७० मीटर (८५० फुट) ऊपर था, किन्तु इसमें विवर नहीं था। सन् १८८१ में एक दूसरा द्वीप इसके समीप ही दिखाई पड़ा और बाद में प्रथम द्वीप से मिल गया। सन् १८८४ में यह १५० मीटर से २४२ मीटर (५०० से ८०० फुट) तक ऊँचा था।

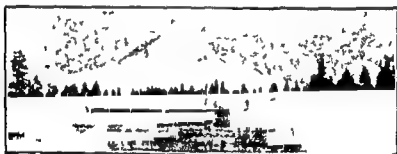


Fig 364
Mt Rainier Wash

बड़े-बड़े विशाल तथा ठोठ पर्वत ज्वालामुखिया में बन जाते हैं। जम वाशिंगटन में रेनीयर पर्वत (चित्र ३६४), ओरेगान में हूड पर्वत (चित्र १६८), कैलीफोर्निया में शास्ता पर्वत (चित्र ३६५), एवं अरीजोना में सैनफ्रांसिस्को पर्वत तथा अनेक ऊँचे और प्रसिद्ध पर्वत शिखर ज्वालामुखिया द्वारा निर्मित हुए थे।

ज्वालामुखी स्वयं बहुत समय में मर चुके हैं। रैनीयर, हूड और शास्ता आदि सभी पर्वत इनमें हैं कि ऐसी उत्पत्ति के होत हुए भी उन पर हिमक्षय एवं हिमनदियाँ भी मिलती हैं।

अनेक छोट तथा कुछ बड़े द्वीप, जैसे कि आइसलैण्ड, मुख्यतः या पूर्णतः उन ज्वालामुखीय श्रृंखलाओं के निर्माण के फलस्वरूप हैं जिनकी जड़ें सागर के नीचे हैं। एल्यूशियन द्वीपसमूह, क्यूराइल द्वीपसमूह तथा आस्ट्रेलिया एवं एशिया के अनेक द्वीपों का निर्माण इसी प्रकार से हुआ था। आस्ट्रेलिया एवं एशिया के द्वीपों में मलाके द्वीप (Moluccas—मोल्काज) प्रसिद्ध है जो अमरीका के आरम्भिक इतिहास के सम्बन्ध में इतना महत्वपूर्ण है।



Fig 365

Mt Shasta a typical volcanic cone furrowed by erosion, but retaining its general form (*U S Geological Survey*)

श्रृंखला के निर्माण के कारण ज्वालामुखी स्थलमण्डन के तब की बनावट में एक महत्वपूर्ण कारण (agent) बन जाते हैं। जिन ज्वालामुखीय श्रृंखलाओं में पर्वतों का आकार घटने लगा है उनकी संख्या बहुत बड़ी है किन्तु अत्रि-मर्या के हान हुए भी उनका औसत क्षेत्रफल अपेक्षाकृत छोटा ही है। ज्वालामुखियों द्वारा विकसित पर्वतीय स्थल का समस्त क्षेत्रफल अन्य प्रकारों से विकसित पर्वतीय स्थल के क्षेत्रफल का केवल एक छोटा भाग ही है।

पर्वतों के भीतरी प्रवेश (intrusions) टीला, पर्वत या पठार के समान उभारों का उत्पन्न कर सकते हैं, जैसा कि पहले ही कहा जा चुका है।

जरीजोना म (बेनयान डाइला—Canyon Diablo के पास) एक विवर (crater) के समान गड्ढा है जिसके चारों तरफ एक स्पष्ट तट है जो उस पदार्थ से बना है जिस गड्ढे में बाहर निकाला गया था। तट इतना ऊँचा है कि वह पर्याप्त दूरी से देखा जा सकता है और उस कोन बटल (Coon Butte) के नाम से पुकारते हैं (चित्र ३६६)। पहल ऐसा विश्वास किया जाता था कि तट के नीचे एक प्रबल विस्फोट ने विवर व समान गड्ढे से चट्टानों का ऊपर की ओर उभार दिया

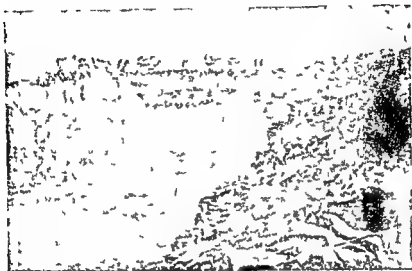


Fig 366

A part of the "crater of Coon Butte Ariz. The "butte" is only the rim built up about the "crater" by the material blown out (R T Chamberlin)

था और इस प्रकार इस उच्च तट का निर्माण हो गया था। गड्ढे का निर्माण एक ज्वालामुखी के विकास की दिशा में एक प्रकार का प्रथम क्रम समझा जाता था। किंतु आज ऐसा विश्वास किया जाता है कि यह विवर के समान गड्ढा एक बड़े उल्का पिण्ड (meteorite) के गिरने के कारण बना था। अपने गिरने की महान शक्ति के कारण जब वह पृथ्वी के भीतर घुसा तब यह इतना ऊष्ण हो गया कि वह फट पड़ा, और इस विस्फोट ने शिलाओं को ऊपर फेंक दिया जिससे गड्ढे के चारों तरफ एक घेरा (rim) बन गया। तट तथा विवर के मलत्रे के ढेर में उल्का पिण्ड के टुकड़े पाये गये थे।

ज्वालामुखीय शंकुओं का विनाश (Destruction of volcanic cones)—

(१) कुछ ज्वालामुखीय शंकुओं का विनाश अशत प्रचण्ड विस्फोटों द्वारा हो जाता है जैसा कि क्रेकोतोवा एवं विसूवियस के सम्बन्ध में पहले कहा जा चुका है। महान गड्ढे, जिन्हें ज्वालामुखी कुण्ड (calderas) कहते हैं, जो व्यास में कई सौ मीटर,

एक पचासो मीटर गहरे होत हैं, इस प्रकार में पूर्ववर्ती शंकुओं तथा विवरों में विद्यमान हो सकते हैं।

यदि लावा या निकाम निचले स्तर पर होना हो तो किसी पवन के भीतरी भाग में तब तक लावा के निराम द्वारा कोई ज्वालामुखी शंकु नीचे की ओर बैठ सकता है (undermined), तब समूचा शिखर नीचे की ओर सरकता है और एक बड़े गड्ढे में समाप्त (engulfed) एक ज्वालामुखी का कुण्ड बन सकता है। ओरेगान की विवर की झील (Crater Lake) एक विशाल ज्वालामुखी के शंकु के छूट (stump—बड़ा टूटा भाग) में एक कुण्ड (caldera) में स्थित है। (चित्र २६६, ३०१)। अजोम में कई एक विशाल कुण्ड हैं और उनमें से कुछ के पंख (floors) लावा के झरने बन गये हैं।

(२) अपक्षयण (weathering) एवं अपभरण (erosion) द्वारा भी ज्वालामुखी के शंकुओं का विनाश होना है। लहरों द्वारा ग्रहण द्वीप के विनाश का वर्णन किया जा चुका है। ज्योंही ज्वालामुखी शंकुओं का निर्माण होना है, पवन तथा वर्षा उन पर आक्रमण करना आरम्भ कर देती हैं, किन्तु उनके प्रभाव तब तक स्पष्ट नहीं होते हैं जब तक कि शंकु की वृद्धि न रुक जाय। अधिक राख (cinder) तथादि में बने हुए शंकु अपक्षयित करने में नष्ट हो जाते हैं, किन्तु इसके विपरीत लावा में बन हुए शंकु अधिक समय तक प्रतिरोध करने (resist—नष्ट न होने) हैं। हिमालयों में उनमें से कुछ भीटा सकती हैं। मध्यम राज्य के पश्चिमी भाग में स्थित अनेक ज्वालामुखीय शिखरों में यह सम्भव है कि विनाश की विभिन्न अवस्थाओं के उदाहरण पाये जा सकें। बसल नदी शंकु जो अपक्षयित प्राकृतिक उदभव के हैं, आज भी अपना अपरिवर्तित अथवा थोड़ा सा परिवर्तित स्वरूप प्रकट कर रहे हैं। प्राकृतिक उदभव के ज्वालामुखियों को छोड़कर सभी ज्वालामुखी शंकु अपने विवरों (craters) का तथा लावा के सुटीनपन (symmetry) का, जो अभी उभर पाया जाता है, को बना रहे हैं।

नवीन शंकुओं के उदाहरण (Examples of fresh cones)—अरीजोना, कैलीफोर्निया (चित्र ३२६), टाहा, आरेगान एवं मध्यम राज्य के जय स्थानों में एक ज्वालामुखी शंकु है, और ये इतने नये हैं कि उनके आकार अपभरण द्वारा ग्रहण की गयी शिखरों तथा उनके तब के पदार्थ अपक्षयण द्वारा तब तक भी बदल हुए से जान नहीं जाते हैं। इसी प्रकार के नवीन शंकु जय देश में भी मिलते हैं, जैसे फ्रान्स में आवर्ने (Auvergne) में।

समाप्तप्राय शंकुओं के उदाहरण (Examples of worn cones)—उत्तरी कैलीफोर्निया में शास्ता पर्वत (Mt Shasta) एक ज्वालामुखी शंकु है जिसके आधार का व्यास २० मीलमीटर (१० मील) है जो अपने आधार पर लगभग ३ मीलमीटर (२ मील) ऊपर उठा हुआ है और समुद्र-तल से ४२१० मीटर (१६,१६० फुट) ऊँचा है। यह अंशतः (partly) लावा तथा अंशतः टूट हुए पदार्थ (fragmental material) का बना हुआ है। इसके ऊपरी ढांच प्रपाती हैं तथा

गहरी घाटिया (rivers) में पूरा है। शिखर में पश्चिम की ओर लगभग ६०० मीटर (२,००० फुट) नीचे एक कम अवस्था का शिखर है जिस शिखरीना (Shastina) कहते हैं एवं जिसके शीर्ष पर एक विवर (crater) है। शास्ता के निचले ढाल पर २० से अधिक छोटे छोटे शिखरों का अवशेष (remains—शेष बचे हुए भाग) है। आधार के समीप कई लावा क्षेत्र हैं जो अपने तल की विषमता एवं मिट्टी के अभाव के कारण, उस समय के बने हुए जान होते हैं जबकि हिमनदियां शिखर पर छापी हुई थीं। किंतु यह तथ्य कि सैक्रामेंटो नदी (Sacramento River) ने उनमें से एक के आधार पर एक सर्वांग ३० मीटर (१०० फुट) गहरा गड्ढा (gorge) काट दिया, यह सिद्ध करता था कि अंतिम उदगार अनन्त रूप से हुआ था। शास्ता पर्वत एक ऐसे ज्वालामुखी शिखर का एक उत्तम उदाहरण है जिसे कुछ अपभ्रंश (erosion) सहन करना पड़ा है किंतु उसके वे प्रमाण नष्ट नहीं हो पाये हैं जो यह सिद्ध करने में समर्थ हैं कि उसमें हाल ही में कुछ उदगार हुए हैं। शास्ता पर्वत ने जिन महान परिवर्तनों का झेला (वरदाशन दिया) है वे इस तथ्य से स्पष्ट हो जाते हैं कि कभी उष्ण रहने वाले इस पर्वत में कई हिमनदियाँ हैं जो इसके ढाल पर बहती हुई इसका नाश में सहायक हो रही हैं।

रैनीयर पर्वत (Mt Rainier) (चित्र ३६४) एक अन्य भव्य पर्वत है जो एक पूर्ववर्ती ज्वालामुखी द्वारा विक्षिप्त हुआ था। इस पर्वत की विभिन्न विशेषताएँ यह प्रकट करती हैं कि इस हिम में ठके हुए पर्वत के इतिहास में सोय रहने (sleeping) की एक लम्बी अवधि (समय) के पश्चात् ज्वालामुखीय क्रिया की एक द्वितीय अवधि आयी थी। पर्वत में आज भी कुछ छोटे छोटे निकाम मार्गों से उष्ण वाष्प निकलती है, यद्यपि शत पदार्थ का निकाम (discharge) बहुत पहले ही बन्द हो चुका है। यह पर्वत हिम में ढका रहता है और कई हिमनदियाँ का जन्म स्थान हैं।

हूड पर्वत (Mt Hood) (चित्र १६६) कास्केड पर्वत (Cascade Range) की चोटियों में से एक है और यह रैनीयर पर्वत की अपक्षा अपभ्रंश (erosion) से अधिक प्रभावित हुआ है। इसके शीर्ष की भित्ति (wall of its summit) का केवल एक भाग शेष है। इसके पाश्व (sides) गहरी घाटिया (rivers) द्वारा गहराई तक खुदे हुए (furrowed—खूँडदार) हैं। ये घाटिया (ravines) नुकीली और नटी फटी पर्वत शिखरों एवं पचासा मीटर ऊँची खड़ी चट्टानों द्वारा विभक्त (separated—अलग अलग) हैं और शीर्ष पर हिम से भी ढकी हुई हैं।

मेरिसविले स्वर्णगिरि (The Marvsville Buttes)—पहाड़ियों का यह वृत्ताकार (गोलाकार) समूह (चित्र ३६७) जिसका व्यास १६ किलोमीटर (१० मील) है कलीफोर्निया में सैक्रामेंटो नदी के तल से ५१० मीटर (१,७०० फुट) से लेकर ६०० मीटर (२,००० फुट) तक ऊपर उठा हुआ है। यह स्वर्णगिरि (buttes) लावा से बना हुआ है जिसकी बाहरी परत टूटे हुए पदार्थ (fragmental

material) (ज्वालामुखी—Tuff) की बनी है। यह ज्वालामुखी जलु, जो सम्भवतः बनी विमिश्रित न होत कना था पहाड़िया के एक समूह में टट-टूट गया है जिसकी सतह टूटी-फूटी और जलु में डाल देने वाली है। पर्वत की बड़ा या टूटी हुई नका (bare) का दिया है कि तलछटी चट्टान की टूटी और नगी (distorted—विचलित) होने में निम्न हाथ राधा का उदगा हुआ था, दिखाई पड़ती है।

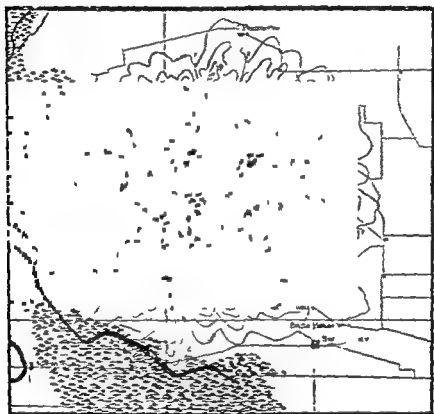


Fig 367

Marx alle buttes in contour (U. S. Geological Survey)

सन्तारामिकी पर्वत (The San Francisco Mt) —जर्मनी में एक एक ज्वालामुखी पर्वत का एक एक उदाहरण है जो ज्वालामुखी द्वारा जलु में टट हुआ है। पर्वत की सतह टूटी-फूटी और जलु में डाल देने वाली है। पर्वत की बड़ा या टूटी हुई नका (bare) का दिया है कि तलछटी चट्टान की टूटी और नगी (distorted—विचलित) होने में निम्न हाथ राधा का उदगा हुआ था, दिखाई पड़ती है।

ज्वालामुखीय क्रिया के अप्रत्यक्ष स्थलाकृतिक प्रभाव (Indirect Topographic Effects of Vulcanism)

ज्वालामुखीय घीवाएँ (Volcanic necks)—जब कोई ज्वालामुखी मर



Fig 368

A dike isolated by erosion, Spanish Peaks region, Colo
(U S Geological Survey)

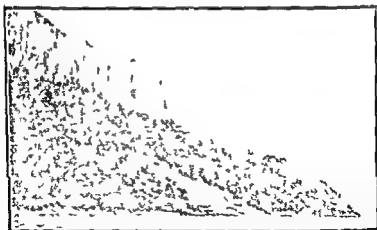


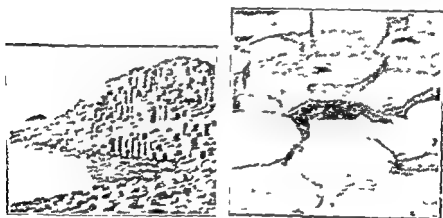
Fig 369

The Palisade Ridge

जाना है तो उसने गले (throat) अथवा उदर (interior) से आने वाला माग कठार लावा से भर जाता है। इस माग की चट्टानें शकु के शेष भागों की अपक्षा अति मजबूत होती है। शकु के समाप्त हो जाने के पश्चात् यह निग (plug—डाट

एक पहाड़ी के रूप में परिवर्तित होकर पुनः ज्वालामुखी के स्थल को कि भी प्रदर्शित कर सकता है। मध्य मैक्सिको में माउण्ट टेला पठार (Mt Taylor Plateau) के पृष्ठ में उनकी एक बड़ी मरुभूमि चट्टानों के द्वारा ढांग जाने पान-प्रकार के २६० मीटर से ६१० मीटर (८०० से १९०० फुट) तक ऊपर उठी हुई है। तावा के बड़े आकार के अन्तर्भेदन (Massive intrusion—अन प्रवेग, वरान-प्रवेग) का भी उही प्रभाव होता है (चित्र १२१)।

तावा के वरान-प्रवेग (intrusion), तिन प्रवेगों में घटित होते हैं उन पर वरान-प्रवेग का प्रभाव अपने के बाद उन प्रवेगों में महत्वपूर्ण भूवास्तविक जाह्नवियों का उत्पन्न कर सकते हैं क्योंकि कठोर तावा या जामेय चट्टानें कुछ अवस्थाओं में अपने पान-प्रकार की अवस्था अधिक बड़ी होती है। उदाहरण के लिए, तिन मिनिना (dike—दाग, उरान) पर्वत गन्धारों को उत्पन्न देती हैं (चित्र ३६८)। गलपट्ट



A

B

Fig 270

A Columnar structure in basalt Giants Causeway Ireland

B Columnar structure on a larger scale

(sills—चट्टान की तब) की उचित किमी अक्षि स्थिति (horizontal position) में बिना एक में बनी हुई है कच्छा (ridges—पर्वत गन्धारों) का उत्पन्न करता है। ये गन्धार अपनी उच्चता से कहता है कि एक पर्वत कहा जा सकता है। इसमें की पालसाद रीज (Palisade Ridge) (चित्र ३६६) तथा कन्नेक्टिकट नदी की घाटी (Connecticut River Valley) के अक्षिगत पर्वत समूह शामिल हैं। तब एक उंची हुई तावा की एक छोटी-छोटी नदियों के नीचे श्रवण भूवास्तविक की प्रभाव कर सकता है या किमी गलपट्ट (sill) का पत्ता है। इसमें के वरान पर्वत (watchung mountains) तावा की बाह्य प्रवेगों को बाह्य (extrusive sheets—उत्पत्ति) के उभार किनारे हैं जो कभी नदियों की तट के नीचे उठी हुई थी कि नदियों की बाढ़ में उत्पन्न द्वारा

अलग अलग हो गयी। रालपट्टें (sills) एवं लावा की उताड़िन चादरें स्क्वायरि (buttes), पटल प्रस्थ (mesas—मेज के आकार की समतल चट्टान), शल वेदिका (rock terraces—सीढ़ीदार चट्टानें) आदि का भी उत्पन्न कर सकती है, अथवा या कहिए कि वास्तव में वे चादरें उन समस्त म्यलाकृतिक आकृतियों का उत्पन्न कर सकती हैं जो असमान कठोरता की शिलाओं के अपक्षरण द्वारा उत्पन्न होती हैं।

स्तम्भाकार रचना (Columnar structure)—वही वही कठोर पना हुआ लावा एक स्तम्भाकार (गम्भे के आकार की) रचना का स्वरूप ग्रहण कर लेता है (चित्र ३७० और ३७१)। सम्भवतः यह शीतल हान की क्रिया (cooling) में घटित सिकुचन (contraction—सकुचन) का ही परिणाम है। शीतल हान पर समघन लावा (homogeneous lava—वह लावा जिसका आकार समघन के समान होता है) समान रूप से सब दिशाओं में सिकुचता है। सिकुचन शक्ति (contractile force—सिकुचने की शक्ति) को समान दूरी के बिंदुओं पर केंद्रित माना जा सकता है। किसी एक निश्चित बिंदु के आसपास दरारों की कम से कम गणना जो सभी दिशाओं में तनाव को मुक्त कर सकती है, तीन है (चित्र ३७१, A)। यदि ये दरारें

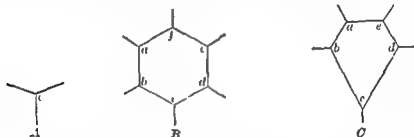


Fig 371

Diagrams to illustrate the formation of columns in basalt. A The first stage is the development of a hexagonal column. B The completion of a hexagonal column. C A pentagonal column.

बिंदु से मुंडौल रूप में (symmetrically—समितीय रूप में) विकिरण (radiate) करें तो किन्हीं भी दो दरारों के बीच का कोण 120° का होगा जो एक षट्भुजीय मक्षेत्र (hexagonal prism) का कोण होता है। अब वेन्द्रों से समान रूप में विकिरण करती हुई ऐसी ही दरारें स्तम्भों (columns) को पूर्ण करती हैं (चित्र ३७१, B)। यदि बिंदुओं में से किसी एक बिंदु के आसपास दरारें विकसित होने में असफल रहें तो एक षट्भुजीय स्तम्भ (five sided column) उत्पन्न हो जायगा (चित्र ३७१, C)। एक (कोचड के) ज्वालामुखी (Mud Volcanoes)

पर ज्वालामुखियों की कुछ विशेषताएँ ज्वालामुखियों के समान और कुछ विशेषताएँ गरम सोनों (geysers) के समान होती हैं तथा अन्य अवस्थाओं में दाना ही अवस्थाओं से भिन्न होती हैं। वे ज्वालामुखियों और गरम सोनों (geysers) की ही भाँति विस्फोटी होते हैं। किंतु उनके नाम के अनुसार उनमें से लावा या पानी

के स्थान में कीचड़ निकलती है। उनके अस्तित्व के लिए जिन सामान्य दशाओं की आवश्यकता होती है, वे हैं (१) तल के नीचे पर्याप्त उष्णता, यह अपभाटन कम गहराई पर होती है और वाष्प पैदा करती है, और (२) मिट्टीयुक्त पदार्थ का तल

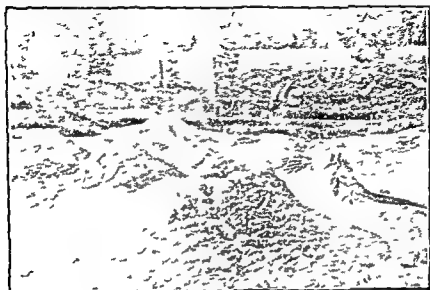


Fig 372

Mud cones Yellowstone National Park (Fairbanks)

स्तर (surface layer) जो नमी प्राप्त करने पर कीचड़ बन जाता है। पर के मध्य में निकलती हुई वाष्प पर के कुछ भाग का प्रत्यक्ष बाहर निकालती है और छोटे-छोटे गड्ढों का निर्माण करती है जो आग्नि में ज्वालामुखी शकुलों की समानता करने में रचना (constitution) में नहीं। उनके आकार कभी बड़े नहीं हो सकते।

गर्म स्रोत (geysers) की ही भाँति एक ज्वालामुखी भी बनमान अथवा अपभाटन हात के ज्वालामुखीय क्रियाओं के प्रदर्शकों में मिलते हैं। उनमें से कुछ प्रचण्ड रूप में विस्फाटीय (explosive) होते हैं तथा कुछ नहीं भी होते हैं। उनमें से कुछ हम भी हैं जो पर्याप्त समय के अंतर में उद्गार करते हैं और कुछ ऐसे हैं जो लगभग निरंतर क्रियाशील रहते हैं।

येलोस्टोन पार्क (Yellowstone Park) के चित्रित पार्थ (Paint pots) (चित्र ३७२) इसी श्रेणी में आते हैं यद्यपि उनमें उद्गार (discharge) कम होता है और वे उल्केवर्णीय शकुलों का निर्माण नहीं करते।

जब तल के नीचे में गैस की मात्राएँ निकल जाती हैं तब उद्गार के अभाव में भी पर ज्वालामुखियों के उद्गारों में कुछ कुछ मिलते जुलते उद्गार हो सकते हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अध्याय १६ देखिए।

भूपटल-संचलन—पटल-विरूपण (CRUSTAL MOVEMENTS—DIASTROPHISM)

सुदीर्घकालीन परिवर्तन (Secular Changes)

अनेक स्थानों में समुद्र के तटा की भूमि ऐसी प्रतीत होती है मानो वह अभी हाल ही में समुद्र से निकली हो, जबकि अथ कुछ दूरे स्थानों में ऐसी जगह होती है मानो वह समुद्र में डूबी हुई (submerged) रही हो। तटा के प्रत्यक्ष उठाव (apparent rise) का सबसे अधिक स्पष्ट प्रमाण उन पुलिया (beaches) तथा अथ तटीय जगहों से मिलता है जो आज समुद्र-तल से भलीभांति ऊपर हैं, और डूब रहने (sinking—निमज्जन) का सबसे अधिक स्पष्ट प्रमाण घाटिया (valleys) के डूब हुए निचले मिरा (ends) से मिलता है। स्थल के स्तर का सम्बन्धी परिवर्तन समुद्र तट के माथ माथ मरने उत्तम प्रकार से देखे जाते हैं, क्योंकि समुद्र-तल (sea level) वह समतल (plane) है जिससे स्थल की ऊँचाई मापी जाती है। तटा में अति दूर, पृथ्वी के ठोस गण्ड का अति गहरी भागों के संचलन (movements) भी बढ़ रहे हैं अथवा अभी हाल ही में उत्पन्न हुए हैं, किंतु उनका पता सरलता से नहीं लग पाता है, अतः वे पर्याप्त प्रामाण्य भी नहीं हैं। उनमें से कुछ का उल्लेख अवसरो के अनुसार अथ सम्बन्ध में किया जा चुका है। तल के ये अधिकांश परिवर्तन इतने मंद हैं कि दिन प्रतिदिन अथवा वर्ष प्रतिवर्ष भी कोई गति दिगई नहीं पड़ती है। जो कुछ भी देखा जा सकता है वह उन परिवर्तनों का परिणाम है जो शताब्दियों तक मंद गति से होते रह रहे हैं।

भूपटल (स्थलमण्डल के बाहरी भाग) के संचलन का अनुमान पहलू तटा के समीप देखे गए विभिन्न रूपों में किया गया, बाद में नापा (measurements—माप) द्वारा उनका प्रदर्शित किया गया जिनसे संचलन का केवल तथ्य ही प्रकट नहीं हुआ है बल्कि कुछ अवस्थाओं में उसकी गति (rate) भी ज्ञात हो गयी है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि समुद्र के वनमान तट के ऊपर पुलिया (beach) या अथ तटीय चिह्नों का यह आवश्यक अर्थ नहीं है कि स्थल का उत्थप (rise) हुआ ही है। इसके स्थान पर उनका अर्थ समुद्र तल का निचला (depression) भी हो सकता है, किंतु दोनों ही स्थितियों में उनका अर्थ स्थल का बढ़ा हुआ उमज्जन (emergence) ही है। इसी भांति, समुद्र के उत्थप द्वारा घाटियों के निचले मिरा

का निमज्जन (जल के नीचे दूर जाने की क्रिया) भी ठीक उसी प्रभावपूर्ण ढंग से हो सकता है जैसा स्थल के समुद्र में नीचे दूब जाने में होता है किन्तु दाना ही परिस्थितियाँ म समुद्र-तल की अपेक्षा स्थल का निचाव (depression) ही हुआ है। कुछ परिस्थितियाँ एवं सम्बन्धों में यह कहना सम्भव हो सकता है कि अपनी स्थिति को बदलने वाला स्थल होता है या समुद्र-तल, किन्तु सामान्य इन परिवर्तनों को आपक्षिक समझना ही उत्तम होगा।

स्थल के (सापेक्ष) उच्चयन के प्रमाण (Evidences of (Relative) Elevations of Land)

(१) मानव संरचनाएँ (Human structures)—किन्हीं-किन्हीं प्रदेशों में, जो बहुत समय से आबाद रहे हैं, वे संरचनाएँ जो कभी समुद्र-तल की ऊँचाई पर थीं, अब उनसे ऊपर हैं, जैसे, भूमध्यसागर में रोड के टापू पर प्राचीन नाविकाना (docks—जहाजों में माल लाने जैसा जहाजों का स्थान, गार्दी) के अवशेष कुछ स्थानों में अब से २ मीटर (२७ फुट) तक ऊपर हैं। यह इसलिए और भी अधिक विचित्र है कि उन्हीं द्वीपों के अन्य भाग दूब गए हैं जिनमें मानव द्वारा विरचित (बनायी हुई) संरचनाएँ खूब लगी हैं जिनके टूट-फूट अवशेष (ruins) आज भी जल के नीचे दिखाई देते हैं।

(२) शिलाएँ (Rocks—चट्टानें)—वाल्टिक सागर में अनेक शिलाएँ जो पार्थिव काल में समुद्र-तल की ऊँचाई पर थीं या उनमें इनकी कम नीची थी कि वे नाविका के लिए भयानक थीं आज जल से पर्याप्त ऊपर हैं। उनमें से एक चट्टान के लिए कहा जाता है कि वह पिछले १०० वर्षों में १८ मीटर (६० फुट) के लगभग ऊँची उठ गयी है। एक गिनतानव से आ लगभग १०० वर्ष पुराना माना गया है यह निष्कर्ष निकाला गया है कि एक स्थान पर स्थल १८०० ई० के पूर्व से १० वर्षों में लगभग ६ मीटर (१९ फुट) ऊँचा उठा है।

(३) मापन (Measurements)—स्वीडिशिया में तल के परिवर्तन बहुत पहलू माने गए और उन परिवर्तनों में (तोना में) इनकी स्ति उपर की कि विभिन्न स्थानों पर तट के ऊपर चिह्न बनाए गए थे और स्थल एवं जल के मध्य तल में परिवर्तन की दर निश्चित करने के लिए वर्षों तक उनका निरीक्षण किया गया था। आधुनिक समय में यह बात हुआ है कि स्वीडिशिया का विज्ञान भाग समुद्र-तल की अपेक्षा भिन्न भिन्न दरों में ऊँचा उठ रहा है। कुछ स्थानों में उदाहरण (उच्चयन) की दर प्रति शताब्दी लगभग १ मीटर पायी गयी है।

(४) कार्बनिक अवशेष—जीवाश्म (Organic remains, fossils)—तटों के उदाहरणों में ज्ञानवान प्रमाणों की अन्य पक्षों में समुद्र के तल में ऊपर पाए जाने वाले समुद्री जीवों की शूलिका (shells—खाल) चाला (tests) आदि में मिलती हैं। इस प्रकार में कुछ स्थानों पर खाँडावर शूलिका (barnacle shells—छाट कर न जाने वाले मोन या टाच) जल के तल से ऊपर उन चट्टानों में मिली होती हैं जहाँ वे उत्पन्न हुए थे। इन निष्कर्षों में यह नहीं माना जा सकता कि एक स्थानों

मे समुद्र तल नीचा हुआ है अथवा स्थल ऊपर को उठा है, इस दुवाव एव उठाव की सीमा समुद्र तल से ऊपर उनकी ऊँचाई ही है। वही उही समुद्र के नीचे एकत्र सामुद्रिक शक्तियों के स्तर (beds) समुद्र तल से ऊपर भी मिलते हैं। इस प्रकार शक्तियाँ स्थल के मापक्ष उच्चयन (उठाव) को सिद्ध करती हैं, शत केवल यही है कि वास्तव में यह ज्ञात हो कि वे समुद्र के जल द्वारा ही जमा की गयी हैं। परन्तु अमलग्न (unattached) शक्तियाँ से प्राप्त प्रमाण की सावधानी से छानबीन करनी चाहिए, क्योंकि चिड़ियाँ तथा अन्य जानवर प्रायः सामुद्रिक शक्तियों को स्थल पर ले जाते हैं और उन्हें पचापत ऊँचाई तक भी पहुँचा देते हैं।



Fig 373

Elevated wave cut terraces and sea cliff West side of Ojai Valley, Cal (Arnold)

समुद्र की शक्तियों को धारण करने वाले स्तर का निश्चित रूप में समुद्र के नीचे जमा किया गया था, आज विभिन्न स्थानों पर जल में ऊपर मिलते हैं, जैसे स्वीडन के तट पर और उत्तरी ग्रीनलैंड के कुछ स्थानों में जहाँ वे ३० मीटर से ६० मीटर (१०० फुट से २०० फुट) की ऊँचाई तक मिलते हैं। यहाँ पर शक्तियाँ इतनी नवीन हैं कि कुछ दशाज्ञा में वे अब भी अधिचर्म (epidermis—बाहरी

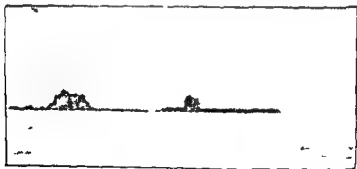


Fig 374

Elevated wave cut terraces and sea cliff Bottle and glass St Vincent (Hovey Am Mus Nat Hist)

चमड़) से ढकी है। जिस बालू में वे ढकी हुई हैं वह वर्ष भर जमती रहती है और निम्न तापमान ही निस्संदेह कार्बनिक पदार्थ को नष्ट होने से बचाता है।

डार्विन महोदय (Darwin) ने बहुत पहले ही दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी किनारे के पास समुद्र के तल में ३६६ मीटर (१,२०० फुट) ऊपर की ऊँचाई तक पहुँचिया पायी थी। पीछे के तट पर जापानिक जाति की एक मूंग की दीवार (coral reef—प्रवाती भित्ति) लगभग ६३८ मीटर (३,००० फुट) की ऊँचाई पर विद्यमान बनायी जाती है। यू. ए. आइलैंड्स के तट पर ६१० मीटर (२,००० फुट) की ऊँचाई तक और क्यूबा के तट पर ३०० मीटर (१,००० फुट) या इससे भी अधिक ऊँचाई तक प्रवाल भित्तियाँ हैं।

(५) उन्नत पुत्तियाँ, आदि (Raised beaches, etc.)—उन्नत (raised) पुत्तियाँ (beaches) एवं बेदिकाएँ (terraces—मंढियाँ) भी जो तट के पास मिलती हैं, तल के परिवर्तन के प्रमाण हैं। ऐसी जाह्ननियाँ उत्तरी यूरोप के तट तथा उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट के जनेक भाग में, पश्चिमी द्वीपसमूह के चारों ओर, कैलीफोर्निया के तट पर, एवं अन्य जनेक स्थानों में मिलती हैं। किन्हीं-किन्हीं तटों के साथ-साथ जैसे कैलीफोर्निया तथा स्कॉटलैंड के तट, इन उन्नत बेदिकाओं पर नगर स्थित हैं, और पर्याप्त दूरी तक सड़कें तथा रेलमार्ग उनके साथ साथ बने हैं। उन्नत पुत्तियाँ एवं अब तटीय जाह्ननियाँ के सम्बन्ध में एक महत्वपूर्ण तथ्य यह है कि जल के क्षीयन नहीं है। जिस तल पर वे स्थित हैं वह अब इतना मुड़ा (warped) हुआ चुका है।

(६) समुद्री उत्थान (Sea cliffs)—कुछ जैसी उन्नी हुई तटीय बेदिकाओं पर मिलने वाले उत्थानों का चित्र ३७३ में दर्शाया है।

(७) समुद्री कदवाएँ (Sea caves)—जहाँ-जहाँ लहरें समुद्र के जल के स्तर पर समुद्री कदवाओं का विकसित कर देती हैं। स्कॉटलैंड के तट पर इस प्रकार के विकसित कदवाएँ २०० मीटर (१,००० फुट) तक ऊँची हैं।

यह सभी प्राकृतिक दृश्य यह प्रमाणित करने हैं कि आधुनिक समय में अनेक स्थानों में समुद्र का जल तो स्तर उँचा उठा है।

सापेक्ष धंसकन (नीचा होने की क्रिया) के प्रमाण (Evidences of Relative Depression)

स्थल के नीचे धंसकन के प्रमाण स्थिति की प्रकृति के कारण कम सुगमता में प्राप्त हैं, क्योंकि उनका मूल जलिक भाग जल के नीचे है।

(१) मानव संरचनाएँ (Human structures)—यह कहा जा चुका है कि ब्रिटिश द्वीप के पूर्वी छोर पर जनेक प्राचीन भवन जल के नीचे डूब हुए हैं। स्कॉटलैंड के तट के कनिषथ भाग में वर्तमान समय में उसी प्रकार के नीचे की चार घमक रह हैं क्योंकि विभिन्न मानव द्वारा बनायी गयी रचनाएँ जल के नीचे उठाए जा चुकी हैं जो अब जल के नीचे हैं। स्वीडनविज्ञान के दक्षिणी छोर का भी, जैसा कि कहा जा चुका है, नवीन दुर्गाव हा रहा है जबकि प्रायद्वीप का जेप भाग ऊपर का उठता हुआ जाना जाता है। “माल्मो (Malmo) को वर्तमान गलियाँ में से एक गली में वास्तविक मार्ग के जल द्वारा उन समय बाँट जा जाया है जबकि

पवन प्रबल हो, और कुछ दिना पहले की गयी सुदाई में वतमान गली के २५ मीटर (८ फुट) नीचे की गहराई पर एक प्राचीन गली का पता लगा था।"



Fig 375

Stumps laid bare on the beach at low tide,
Leasowe, Cheshire Eng (Ward)

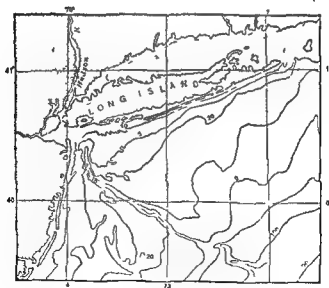


Fig 376

(२) निमग्न (टूबे हुए) वन (Submerged forests)—कुछ तटों के समीप निमग्न वना का प्रमाण मिलने है। उदाहरण के लिए, इंग्लैण्ड में रिबरपूल के उत्तर में कई एक स्थानों पर यही दृश्य है (चित्र ३७५)। यहां तट ज्वार मर्याप्त होता है। पुराने (beach) पर, जहां पहले कभी वृक्ष उगे हुए थे, जल पड़ा के ठूठ खड़े दिखाई देने हैं। चूंकि इन वना द्वारा वृक्षा की जिन शानिया का प्रति-निधित्व किया जाता है वे स्मार पानी में नहीं उग सकने, जल इस निष्कष के अनिश्चित किसी अन्य तथ्य को नहीं मावा जा सकता है कि वह स्थान जहां के तट थे, कभी पूर्ण या जो-अध वह ज्वार के तल के नीचे डूब गया है। यूजर्सी के तट पर भाट का समय समुद्र-तल से २ मीटर (७ फुट) नीचे के वृक्षा के तल पाये गए हैं।

(३) निमग्न (टूबी हुई) घाटिया (Submerged valleys)—स्थल पर स्थित कुछ एक नदी घाटिया तटरेखा में बहने जाय तब ज्वारे समुद्र के तल में स्थित घाटिया की न टूटने वाली माला होती है (चित्र ३७६)। यह विचार किया जाता है कि एसी डूबी हुई घाटिया यह प्रकट करती है कि वह तल निम्न के वे कटी हुई हैं। घाटिया के वन के समय पर स्थल या किन्तु बाद में नीचे प्रभाव के कारण अब जल में डूब गयी। समुक्त राज्य के पूर्वा तट पर राइड द्वीप (Rhode Island) एवं कारोलिना (Carolinas) के बीच जल शानिया इस बात का जताती है कि स्थल का नवान प्रभाव इस सीमा तक हुआ है कि उसमें पहले का घाटिया के निचले छोर डूब गया और घाटिया का रूप में परिवर्तित हो गया। इस प्रकार की डूबी हुई घाटिया पृथ्वी के जल भागों में विद्यमान है और यह प्रकट करती है कि तटीय भूमि का प्रभाव (submergence) अब भी हो रहा है अथवा जल तटों के समीप अंतराल में भी हो चुका है।

(४) इटली का एक मंदिर (An Italian temple)—तल के परिवर्तन के सम्बन्ध में चितनी भी श्रान्त आकर्षित करने वाली घटनाएँ हैं उनमें से एक घटना ऐसी है जिसमें उद्भव (emergence) और प्रभाव (submergence) की दोनों ही शक्तियाँ सक्रिय हो प्रतीत होती हैं। नपल्स के समीप टटली के तट पर एक प्राचीन मंदिर का खण्ड है। कहाँ से यह बात होता है कि ईसा से २०० वर्ष पूर्व तब यह तट में उपर था। सन् १७९८ में भी मंदिर का कुछ स्थान खोजा। तब जाकर समुद्र के द्वारा जमाया गया लाल्ट में ४ मीटर (१० फुट) की गहराई में दृश्य गये और जल स्तर पर ३ मीटर (९ फुट) तक का उच्चाट पर समुद्र जीवा द्वारा बनाया गया छेदा का चिह्न है। अतएव यह निष्कर्ष निकाला गया है कि ईसा से २३० वर्ष पूर्व और १७९८ तक के बीच वह भूमि जिस पर वह मंदिर बनाया गया था यहाँ तक नीचे दब गयी थी कि स्तर का आधाग का ऊपर ९ मीटर (२९ फुट) तक जल ऊँचा बढ़ गया था और वह भूमि फिर से ऊपर उठ आयी जिसमें उसका फा समुद्र के तल से ऊपर उठ गया।

स्थल एव समुद्र मे से किसके तल का परिवर्तन होता है ? (Is it the Land or the Sea which Changes its Level ?)

यह स्पष्ट है कि यदि स्थलमण्डल का बाहरी भाग जिम साधारणतया पृथ्वी की पपटी अथवा भूपटल (crust) कहते है, ण्टन (समावलन—warping) का शिकार रहती है, जिमके कारण उसका कुछ भाग ऊपर उठते है और कुछ नीचे का धसकते है । तदा पर देखी गयी य प्राकृतिक घटनाएँ भरलना से समझी या समझायी जा सकती है । मान ही साथ स्थल एव समुद्र के मापक्षिय तल के परिवर्तन सम्बन्ध अधिकान्ता बाद विवादा में यह मान लिया जाता है कि समुद्र नहीं बल्कि स्थल ही वह तत्त्व है जो परिवर्तित होता है । किन्तु इस विश्वास की सत्यता में मन्दह है ।

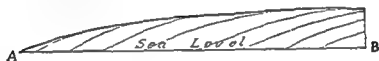


Fig 377

Diagram showing a cross section of coastal tract

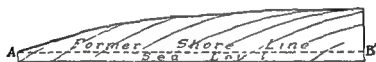


Fig 378

Diagram showing the same coast as Fig 377, after the sea level has been lowered uniformly. The land appears to have risen

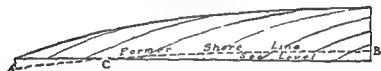


Fig 379

Diagram showing the same area as the preceding. The sea has sunk as much as in Fig 378 but the land at the left also has sunk and has sunk more than the sea level has. At the left, therefore, the land seems to have sunk and at the right it seems to have risen while at one point C, it appears to have neither risen nor sunk

इस सन्दर्भ में कुछ कारण भी है । इसके विकल्प (alternatives) यह है—(१) क्या यह स्थल नहीं बल्कि समुद्र है जो अपना तल परिवर्तित करता है ? या (२) क्या स्थल एव समुद्र दोनों ही अपना तल परिवर्तित करते हैं ? इस दूसरी स्थिति में (ज) क्या प्रत्यक्ष का उत्कर्ष (उठाव) और निम्नन (घँसाव) होता है ? अथवा (जा) क्या स्थल का उठाव और घँसाव समुद्र के उठाव अथवा घँसाव के साथ ही साथ

हाना है ? कई ऐसे सामान्य विचार यह स्पष्ट कर देने हैं कि उनमें से कुछ विकल्प माने नहीं जा सकते हैं ।

अब अबस्थाओं के स्थिर बन रहने पर, यदि समुद्र का जल एक स्थान पर नीचे बैठता है तो वह प्रत्यक्ष स्थान पर नीचे दब जायगा क्योंकि समस्त महासागर एक दूसरे से जुड़ हुए हैं । इस दशा में तभी तट उठे हुए से नात होगा । इसी प्रकार यदि एक स्थान पर समुद्र के जल का उठाव हो तो ऐसा प्रतीत होगा कि प्रत्येक स्थान पर समुद्र का तल ढग उठना चाहिए और उस दशा में सभी तट एक साथ ही डूबेंगे हुए से ज्ञात होना चाहिए । चूंकि कुछ तट उठे हुए (rising) में ज्ञात होते हैं और कुछ उसी समय डूब हुए (sinking) ज्ञात होते हैं, अतः यह स्पष्ट है कि समुद्र-तल के स्तर के परिवर्तन देखी गयी घटनाओं का स्पष्टीकरण करने में असमर्थ हैं । परन्तु, फिर भी, इसका अर्थ यह नहीं है कि ऐसे परिवर्तन देखी गयी घटनाओं के स्पष्टीकरण में सम्मिलित अग्रा में से एक नहीं हो सकते हैं ।

इसके अतिरिक्त अब विकल्प (alternatives) की अलग अलग विवेचना किये बिना भी इस प्रश्न में निहित (involved) मिथ्या सन्नता से समझें जा सकते हैं ।

मान लीजिए, समुद्र का तल सभी स्थानों पर नीचा हो जाय, जैसा कि यह उस समय हो जायगा जब सागर-द्रोणिया (ocean basins) में से किसी एक का तल उब जाय, और जाये यह भी मान लीजिए कि महाद्वीपों का घँसाव भी उसी समय हो जाय । इस सामान्य धारणा के अंतर्गत विभिन्न स्थितियाँ उत्पन्न हानी हैं—(१) यदि स्थल का घँसाव उतना ही हो जितना कि समुद्र के तल का, और प्रत्येक स्थान पर घँसाव समान भी हो, तो समुद्र के तल के साथ तटों के सम्बन्ध में परिवर्तन नहीं होगा । (२) यदि समुद्र की अपक्षा स्थल का घँसाव अधिक हो और वह प्रत्येक स्थान पर समान रूप में हो तो पुरानी सभी तट रागएँ डूब जायेंगी । (३) यदि समुद्र की अपक्षा स्थल का घँसाव कम हो, और प्रत्येक स्थान पर समान रूप में हो, तो सभी तट उठे हुए प्रतीत होंगे । (४) यदि तटों के विभिन्न भागों का घँसाव असमान रूप में हो तो जो भाग समुद्र की अपक्षा कम घँसे हुए हैं वे उठे हुए जानें होंगे, जो समुद्र के बराबर ही नीचे हुए हैं उनकी समुद्र के तल के साथ की सापेक्ष स्थिति में कोई अन्तर नहीं पड़ेगा, और जो समुद्र की अपक्षा अधिक घँसे हुए हैं वे डूबे हुए जानें होंगे ।

य सभी सम्बन्ध चित्र ३७७, ३७८ और ३७९ द्वारा दिखाय गये हैं । समुद्र का तल या चित्र ३७७ में AB पर है, चित्र ३७८ में $A'B'$ तक डूबा हुआ दिखाया गया है । चित्र ३७९ में चित्र ३७७ की तट-रेखा A'' से C तक समुद्र की अपक्षा अधिक डूबी हुई दिखायी गयी है, C पर उतनी डूबी हुई है जितना कि समुद्र, और C में B' तक समुद्र की अपक्षा कम डूबी हुई है । A' में C तक तट डूबा हुआ दिखाई देता है और C में B'' तक वह उठा हुआ ज्ञात होता है ।

अतएव ऐसा प्रतीत होता है कि तटी व समीप के समस्त स्पष्ट दिखाई देने वाले उठाव एवं धँसाव स्थल के असमान धँसाव द्वारा उम समय समझाय जा सकते हैं जबकि समुद्र का तल नीचा हो रहा हो, किंतु फिर भी, इसका अर्थ यह नहीं है कि यही अवश्य ही घटित होने वाली सत्य व्याख्या है। तटी व समीप की विद्यमान प्राकृतिक घटनाएँ इस कल्पना के आधार पर भी समझायी जा सकती हैं कि तटीय भूमि का उत्थप (उठाव) भी स्थानीय होता है तथा धँसाव भी स्थानीय ही होता है, और इस आधार पर भी उनका केवल धँसाव ही होता है। वे समस्त रूप में इस कल्पना के आधार पर भी समझायी जा सकती हैं कि समुद्र-तल का कभी उठाव और कभी धँसाव होता है, और ऐसा भी केवल उसी समय होता है जबकि तटी में ऐटन (warping) हो रही हो, यह ऐटन कुछ स्थानों पर ऊपर और कुछ स्थानों पर नीचे की ओर होती है। समस्त रूप में यह सम्भव प्रतीत होता है कि समुद्र का तल अवश्य ही परिवर्तित होता है, कभी उसका उठाव और कभी धँसाव होता है और यह कि तटीय स्थल कुछ स्थानों में ऊपर का तथा कुछ में नीचे की ओर है और यह भी कि दबी गयी प्राकृतिक घटनाओं में ये सभी गतियाँ सम्मिलित हैं।

पृथ्वी की उत्पत्ति एवं इतिहास के सभी प्रचलित सिद्धांत इस धारणा पर आगे बढ़ते हैं कि पृथ्वी एक सिक्कुटा हुआ पिण्ड है। यदि यह सत्य है तो यह स्पष्ट है कि उठावा की अपेक्षा तल के धँसावा का नियम होना चाहिए, और यह भी कि एक उठाव जो सिकुचन के कारण होता है, धरातल के सामान्य निचाव के समस्त आवर्तमान होता है।

अब हम उन कारणों के विषय में छानबीन कर सकते हैं जिनके कारण समुद्र का तल ऊँचा-नीचा होता है या हो सकता है, और उन कारणों की भी छानबीन कर सकते हैं जिनके द्वारा स्थलमण्डल का तल कुछ अथवा स्थानों में नीचा हो जाता है। समुद्र का तल परिवर्तित क्यों होता है? (Why the Sea Level Changes?)

अवसादन (Sedimentation—तलछटीकरण—तलछट को जमाना)—नदियाँ प्रत्येक वर्ष तलछट की एक विशाल मात्रा को स्थल से समुद्रों में ले जाती हैं। यह तलछट पदार्थ समुद्र के तल पर जमा होकर सागर की द्रोणियाँ (ocean basins) को भरता रहता है। इस जमाव का परिणाम सागर के तल का अवश्य ही ऊँचा उठेगा। इसी प्रकार लहरों द्वारा तटी में काटा गया, पवन द्वारा स्थल से उठाया गया और हिमनदियों द्वारा समुद्र में लाया गया पदार्थ जल के नीचे जमा होकर यही परिणाम उत्पन्न करता है। पौधों तथा जानवरों द्वारा समुद्र के जल से निकाला गया पदार्थ एवं उनकी मृत्यु के उपरान्त कुछ पदार्थ उनकी शक्तियों के रूप में तल पर जमा होकर भी समुद्र के तल को ऊँचा बनाने में सहायक होते हैं क्योंकि शक्तियाँ (खोला या ढाँचो) यदि द्वारा घिरा हुआ स्थान जल की मात्रा में आयी हुई उम कमी से, जो शक्तियों के अगो (पदार्थों) का जल से निकालन में होती है, अधिक होता है। अवसादन (sedimentation) के कारण समुद्र के तल का उत्थप (उठाव) विश्वव्यापी होगा।

अवसादन के कारण समुद्र का उठाव उत्पन्न मन्द गति में होता है, इसका मत कि वर्षे प्रतिवर्ष, या सम्भवतः एक जीवन की अवधि में भी दृष्ट स्पष्ट दिखाई नहीं दे पाता है। फिर भी, यदि विद्यमान स्थल का प्रगतन आवाग के प्रगतर होता तो समुद्र में होने वाला तन या उठाव सैकड़ों मीटर होना जो विद्यमान भूमि के एक पर्याप्त भाग का दुबाने के लिए पर्याप्त होता और आवाग के तन पर नाप गये स्थल के भी एक उन्नत हो उठे भाग का रूप बना पड़ता। ऐसा विश्वास करने का कारण यह है कि जीवितरात में विज्ञान क्षेत्र प्रायः आवाग के तन के प्रगतर यह है। जलमय स्थल का प्रभाव एक समुद्र के निम्न का उठाव जीवित युग में स्थल के विज्ञान क्षेत्र के शर-आर उत्पन्न में हो सकता है, अथवा महत्वपूर्ण कारण यह है।

यह मान लिया गया है कि समुद्र में होने वाला वाष्पोत्सर्ग वृष्टि एवं नदियाँ द्वारा वापस गये तन के कारण लगभग सन्तुलित हो जाता है। यदि ऐसा ही है तो वाष्पीकरण (evaporation) एवं अवक्षेपण (precipitation) समुद्र के तन का प्रभावित नहीं करते हैं। किन्तु यदि समुद्र में वाष्प उन्नत हुए जल की एक बड़ी मात्रा हिम के रूप में स्थल पर रुक जाय, जैसा कि सम्भवतः हिमयुग में हुआ होगा, तो परिणामस्वरूप समुद्र का तन नीचा हो जायगा। दूसरी ओर हिम का पिघलना समुद्र के तन को ऊँचा उठा देगा। हिमयुग ही मात्रा लगी ही कि एक ओर उस मात्रा का समुद्र में पिघलना तथा दूसरी ओर उसकी वापसी समुद्र-तन का प्रभावित करने में विशेष रूप से समर्थ रह जावे।

अन्तःमागरीय ज्वालामुखीय बहिर्निष्कासन (मागरी के तलों से से ज्वालामुखी के साचा व बाहर निकलने की क्रिया) (Submarine volcanic extrusions)—समुद्र के तन के नीचे में निरन्तर बाला बाला भी समुद्र के तन का उठाव रहता है। इसी प्रकार में ही बैकालिन (Icolith) तथा अन्य अन्तर्भेदन (intrusions) भी लम्बा हो सकते हैं।

भूपटल विस्थापन (Diastrophism)—अवसादन (sedimentation—तन-छटोत्सर्ग—तन-रूप का नीचा रहना व रूप में क्रम बाला) एवं ज्वालामुखीय क्रिया (volcanism) व अवसर ही समुद्र के तन में परिवर्तन क्रिये हैं तथापि यह विश्वास नहीं किया जा सकता है कि बलवत् व भी गम कारण हैं विज्ञान एवं परिवर्तन—पन्न स्थिति और न यही विश्वास किया जाता है कि तन का बाला में तन सखम अथवा सम्भीर परिवर्तना के कारण रहें हैं।

पृथ्वी व निम्नतः भीतन हाल का एक परिणाम उत्पन्नतः मिश्रित भी रही है। बहुत सम्भव है कि पृथ्वी के भीतनी भाग का पदार्थ युगा में अपने आप का घन में घन योजिका (compounds) में पन्न करता रहा है और इस कारण में उत्पन्न विकृति भीतन हाल की क्रिया में उत्पन्न विकृति में अग्रित हो सकती है। मिश्रित व परिणामस्वरूप पृथ्वी के बाहरी भाग (परती) में विस्थापन (deformation) हुआ है जिसके कारण लगभग व ही है या किन्नी मय (apple) में रस के सूख जाने

पर शूरियाँ पड़ने के हान है। चूँकि सिकुड़न स्थायी होती है, अतः ऐसा ज्ञात होता है कि भूपटल की मद ऐठन (warping) भी स्थायी होगी। परन्तु यह भी जान होता है कि पृथ्वी की कठोरता ऐसी हो सकती है कि उसका बाहरी भाग कुछ समय तक सिकुड़न द्वारा उत्पन्न तनाव का विरोध करने में समर्थ हो सके। चूँकि तनाव बढ़त जात है अतः वे अतः म विरोध का समाप्त कर देते हैं और भूपटल हार जाता है। यदि इस हार के कारण सागर की द्रोणी (ocean basin) का घेमाव होना है तो जल का तन नीचे चला जाता है और समीपवर्ती स्थल तब तक ऊपर उठने हुए जान होते हैं जब तक कि वे उमी समय उतन ही नीचे न दब जायें जितना नीचा समुद्र का तन दब जाता है। समुद्र के नितन के घेमाव के कारण समुद्र के तल का नीचा हो जाना सम्भवतः स्थल के स्पष्ट दिखाई देने वाले उठाव का सबसे अधिक गहरी मूल कारण है।

भौमिकीय इतिहास (geological history) की अवधि (period) में महाद्वीपों के समय समय पर जान वाले उठाव (आवृत्तिक निमज्जना के एवान्तर मन्त्रित—alternating with periodic submergences) सम्भवतः इसी प्रकार में स्पष्ट किय जा सकते हैं। दूसरी ओर, समय समय पर होने वाले (periodic) घेमाव का स्पष्टीकरण पृथ्वी के महाद्वीपीय खण्डों के घेमाव द्वारा किया जा सकता है जयवा इस प्रकार के घेमाव की उन अन्य विधियाँ के साथ, जिनका प्रमग पहने आ चुका है, और जो समुद्र के तल का ऊँचा उठाती हैं।

स्थल के तल का परिवर्तन क्यों होता है? (Why the Land Changes Level?)

समुद्र के नीचे स्थलमण्डल के तल के परिवर्तनों के विषय में दिये गये कारण समान रूप से ही भूखण्ड के विषय में भी लागू हो सकते हैं। यह सम्भव है कि युगा की अवधि में महाद्वीपों के उठाव की अपेक्षा निचाव या घेमाव अधिक होता है, किन्तु स्थल सागर की द्रोणियाँ की अपेक्षा कम डूबते हैं। सागर की द्रोणियाँ का घेमाव मध्य के महाद्वीपीय क्षेत्र का भर सकता है और वही सिद्धांत छोटे क्षेत्रों के लिए भी लागू हो सकता है, जैसे महाद्वीपों के किनारे। इसके अतिरिक्त, ज्वालामुखी प्रदेशों में, ताबा का अन्तर्भेदन (intrusion—नितादन) तल को ऊँचा बना सकता है, जैसे किसी लिकोनिथ के ऊपर। तल के समीप तक उष्ण चट्टानों को लाना तन की चट्टानों का गरम कर देना है और सम्भवतः उनका विस्तार इतना बढ़ा देता है कि वे उचित ऊँचाई तक पहुँच सकें।

अतएव हमारा निष्कर्ष है कि अनेक तटों के समीप स्थल का स्पष्ट दिखाई देने वाला उठाव सम्भवतः कुछ अंश तक इन कारणों से है—(१) समुद्र का दुबाव या निमज्जन (sinking), अथवा (२) समुद्र की तुलना में समुद्र तटीय भूमि का अपभाटित कम दुबाव एवं अथवा (३) भूमि के स्वयं के वास्तविक उठाव (rise) के कारण। महाद्वीपों के भीतरी भागों (अन्तर्गो) में तल का परिवर्तन (Changes of Level in the Interiors of Continents)

सामान्य तथ्य (General facts)—तन के परिवर्तन कदाचित् महाद्वीपों के

भौतरी भागा में भी उनमें ही सामान्य है जिनमें कि तटों के समीप, यद्यपि उनका पता जटिल कटिनाई में लगता है। अनेक चीन के चारों ओर उत्तर (ऊँचे उठे हुए) पुलिन (beaches) हैं, जैसा कि ग्रेटनेक्म एव ग्रेटमाट लेक्म के चारों ओर (चित्र ३२६)। चीन के उठे हुए पुलिन झीला के निचाव (lowering) के परिणाम होत हैं चाहे वह निचाव उनके निकाला (outlets) के नीचे की ओर कटाव के द्वारा हो और चाहे वार्षिकरण के द्वारा। अनएव के भूमि के उठाव को प्रकट नहीं कर सकते हैं। परन्तु उपर्युक्त दोनों दशाओं में प्राचीन तटरेखाओं का धर्निज रहना चाहिए। किन्तु उनका चीन के चारों ओर प्राचीन तटरेखाओं समान नहीं है जैसी कि वह अपने निमाण के समय रही होगी। बानेबिन चीन के चारों ओर की तटरेखाओं में से एक रेखा के कुछ भाग अभी समय के वन हुए अन्य भागों की अपेक्षा ६३ मीटर (२०० फुट) अधिक ऊँचे हैं। जापटिया चीन के पूर्वी ओर के समीप एक प्राचीन तटरेखा पश्चिम की ओर जान पर चीन के पश्चिमी छोर पर जन के नीचे हाकर जाती है। इसी प्रकार के दृश्य सभी ग्रेटनेक्म के तटों के चारों ओर पाये जाते हैं, यद्यपि अधिकांश दशाओं में धर्निज लगान में उनका जतर उतना जटिल नहीं होता है। ऐसी कुरूप तटरेखाओं यह प्रकट करती है कि प्राचीन तटरेखाओं का निमाण के समय में चीन-शाणिया के चारों ओर का नन विकुचिन (warped—टठा) हुआ है।

पूरवर्ती तटरेखाओं उनका छाटी तथा मृत चीला की एक ही कहानी कहनी है। जगामीज चीन की तट सीमाओं एक अच्छा उदाहरण है।

स्तर के परिवर्तन जहाँ भी हो रहा है। हाल के वर्षों के मझे निरीक्षण एवं मापन स्पष्ट कर दिया है कि ग्रेटनेक्म का क्षेत्रफल उत्तर-पूरुग में ऊपर की ओर मुड़ रहा है और मापनित रूप में दक्षिण-पश्चिम में नीचे की ओर। इसकी दर प्रति घन्टा की प्रति मी किनोमीटर में ०.० मीटर में कम दिखायी गयी है।

विस्तार (Extent)—जन के परिवर्तन का प्रमाण उनके व्यापक विस्तार का है कि यह कहा जा सकता है कि जन प्रशा में जो इस प्रकार स्थित है कि सरलता में प्रमाण द मर्के पृथ्वी के तट के स्थित रहन वान भाग की अपेक्षा उसका वह भाग अधिक है जो हाल के समय में हुना या उठता जा रहा है। यह तथ्य भूपटल की महान अभिरचना की ओर मर्के रहना प्रभाव होता है, किन्तु यह इस कथन द्वारा पूरा जाना चाहिए कि सामान्यतः ये परिवर्तन प्रिना किसी प्रचण्ड विभाज (disturbance—गर्जना) के अधिक मन्दता में होते हैं। इसी मध्या की अपेक्षा सम्भवतः संचलन (movement) की मात्रा की प्रति वर्ष ०.०० मीटर का कुछ अंश (fraction) ही मिलना चाहिए।

यह विश्वास किया जाता है कि पृथ्वी के सार्वभौम भाग की अभिरचना यह प्रकट करता है कि पृथ्वी का सार्वभौम भाग एक भौतरी भाग के साथ पूरा समायोजन (adjustment—संयोजन) नहीं रहता है और यह व्यवस्था का निरन्तर अभाव समान पृथ्वी के निरन्तर मिश्रित रहने का ही परिणाम है।



Fig 380

Open anticlinal fold, near Hancock Md (U S Geological Survey)



Fig 381

Closed anticlinal fold near Levis Station, Quebec
(U S Geological Survey)

तल के प्राचीन परिवर्तन (Ancient changes of level)—प्राचीन तट-रेखाएँ एवं भागर-तटा से सम्बंधित सभी विशेषताएँ कालान्तर में, अपभरण द्वारा नष्ट हो जाती हैं। किन्तु जो संचलन (movements) इतने समय पहले हुए थे कि तट रेखाओं के कोई भी चिह्न शेष नहीं है, यह तथ्य सत्य है। उदाहरण के लिए चट्टानों के स्तर जो कभी तलछट के रूप में (वालू कीचड़, आदि) समुद्र के नीचे जमे थे, अब विशाल क्षेत्रों के ऊपर समुद्र-तल से बहुत ऊँचे पाये जाते हैं। जैसे, मिस्री-मिस्री की द्राणी के नीचे की ठोस शिवाओं (चट्टानों) का अधिकांश समुद्र के नीचे तलछट के रूप में जमा हुआ था। वह स्थान सम्भवतः इस कारण से ही उठ गया है कि समुद्र की द्राणी के नीचे डूब जाने से समुद्र का तल नीचा हो गया है। अपेक्षित पर्वतों से जमी प्रकार से बनी चट्टानें कुछ हजार मीटर की ऊँचाई तक मिलती हैं। गकी पर्वत में वे लगभग ४६०० मीटर (१० ००० फुट) या इसमें भी अधिक ऊँचाई तक विद्यमान हैं। एण्डीज पर्वतों के सीमित क्षेत्रों में वे ६५०० मीटर (१६,००० फुट) की ऊँचाई जबकि अत्रिज ऊँचाई तक मिलती हैं तथा हिमालय पर्वत में इसमें भी अधिक ऊँचाइयाँ पर पायी जाती हैं। कम से कम ऐसा स्याता है यह सम्भावना है कि भूपटल का वास्तव में उठाव हुआ है।

तल के सम्भावित परिवर्तन (Future changes of level)—स्थल एवं समुद्र के बीच तल के परिवर्तन अमरय युगा तक केवल होते ही नहीं रहें हैं बल्कि उनके हान-हान की भी सम्भावना है। स्थल की घिसावट (wear) एवं तलछट का समुद्र तक पहुँचना जमी द्रव्याएँ हैं जो समुद्र-तल को ऊँचा उठाने का प्रयास करती हैं। जैसा कि पहले कहा जा चुका है। इसके कारण समुद्र का क्षेत्रफल बढ़ता है और जमी अनुपात में स्थल का क्षेत्रफल कम होता है। अतीतकाल में भागर की द्रोणिया का अचानक ही डूबना प्रतीत होता है, जिससे उनका विस्तार घट गया और समुद्र का तल नीचे की ओर गिर गया और इस प्रकार सभी महाद्वीप ऊपर उठते हुए में जान गए तथा जहाँ तक इस समय देखा जा सकता है ऐसे परिवर्तनों के अविषय में भी होन की सम्भावना है। जौमन रूप में, भागर द्रोणिया के नीचे घँसकने के कारण समुद्र-तल का निचाव (lowering) सम्भवतः स्थल में अवसादन (sedimentation—तल-उत्थरण) के कारण समुद्र तल के उन्नय (उठाव) की अपेक्षा अधिक रहा है। परिणाम यह है कि जैसे महाद्वीप पर्वत जन एवं हिम द्वारा नीचे चिपे गए हैं वैसे ही उनका कभी-कभी समुद्र के डूबाव (sinking) द्वारा भी नवीनीकरण (renewal) हुआ है।

घटनाओं का इस सामान्य क्रम में इस तथ्य की व्याख्या लिपी जान होती है कि यद्यपि वषा, नदियाँ एवं हिम द्वारा अपक्षरण (erosion) स्थल को आधार के तल (base-level) तक जान का प्रयास करता है, और यद्यपि सहारा द्वारा अपभरण समुद्र के तल के नीचे जा उनको कम करने का प्रयास करता है तथापि स्थल नष्ट नहीं होता है।

चूँकि पृथ्वी के विशाल भागर-द्रोणी गण्ड स्थिर हो चुके हैं, अब यह सम्भव

है कि उनके मध्य के छोटे महाद्वीपीय खण्ड उमी समय पञ्चरित (wedged up) एवं सम्भवतः विकृत (warped) तथा विकृत (deformed) हुए हैं। इस प्रिया विधि में अनेक पर्वतों, पठारों तथा मैदानों की, जो द्वितीय चम की स्थलाकृतिक आकृतियाँ हैं, व्याख्या निहित हो सकती है।

भूपटल का विरूपण (Crustal Deformation—रूप का बिगड़ना)

तल के परिवर्तना के पूर्वनिर्णित विवरण में पृथ्वी के बाहरी ठोस भाग के क्षिप्य विरूपण (deformations—रूप का बिगड़ना या बदलना) सम्मिलित हैं। यह विरूपण कभी कभी निम्न स्वरूप धारण करता है

(१) हलका विकृत (gentle warping—हल्की गेंठन), कभी-कभी
(२) बलन (folding—मुड़ाव) और कभी-कभी अपने को (३) भ्रंशन या टूटन या दरारीकरण (faulting) में प्रकट करता है।

विकृत (गेंठन) और बलन (मुड़ाव) (Warping and folding)—विकृत हलका हो सकता है, जिसके परिणामस्वरूप शिलाया के स्तर (beds) तनित

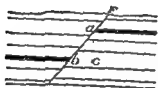


Fig 382

Diagram of a normal fault



Fig 383

Diagram of a reversed or thrust fault
(U S Geological Survey)

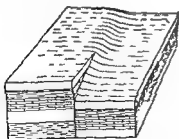


Fig 384

Fault passing into a monoclinical fold



Fig 385

A branching fault
(Powell, U S Geological Survey)

गोल हो सकते हैं अथवा झुग सकते हैं, अथवा वह इतना प्रचण्ड भी हो सकता है कि उठे हुए चाप (arches) मोड़ों (folds) में बदल सकते हैं (चित्र ३८० और ३८१)।

म्यल के अविकाश शैल स्तर कम से कम हनुके रूप में विरूपित (deformed) हैं तथा बलन (मुड़ाव—fold) अनेक पर्वतीय प्रदेशों में एक सामान्य बात है, उन मैदानों में भी जो कभी ऊँचे थे, किन्तु जो अपक्षरण (erosion) के कारण नीचे हो गये हैं।

विकृचन (warping—गेठन) एवं बलन (folding—मुड़ाव) विज्ञान म्यल की आकृतियों को उत्पन्न करने हैं, किन्तु बलित चट्टान (folded rock—मुड़ी हुई चट्टान) के अधिकांश पर्वतों में वर्तमान तब का रूप मुड़ाव की अपेक्षा अपक्षरण से अधिक प्रभावित हुआ है। मुड़ाव (fold) के परिणामस्वरूप उत्पन्न होने वाली चट्टानों की रचनाओं में, अनेक परिस्थितियों में उन नए रूप को निश्चित किया है अथवा अत्यधिक प्रभावित किया है जो अपक्षरण के फलस्वरूप उत्पन्न हुआ है।

भ्रंशन (टूटन) (Faulting)—अनेक बार और अनेक स्थानों में भूतल के खण्ड किसी टूट हुए तल (plane of fracture) के समीप नीचे दबे हैं अथवा ऊपर उठे हैं, जैसा कि चित्र ३८२ और ३८३ में दिखाया गया है। ऐसी गतियाँ भ्रंश (fault—टूट) कहलाती हैं। चित्र ३८२ एक सामान्य (normal) अथवा गुरुत्व (gravity) भ्रंश का द्योतक है और चित्र ३८३ एक विपरीत अथवा उत्क्रम (reversed or thrust) भ्रंश का द्योतक है। पहला अपने निर्माण के समय तनाव (tension) का सूचक है और व्यवस्थापन (adjustment—समायोजन) गुरुत्व के के नियंत्रण में होता है। दूसरा पार्श्विक उत्क्रम (lateral thrust) का सूचक है और व्यवस्थापन (समायोजन) स्वयं इसमें नियंत्रण में होता है।

दोनों प्रकार के भ्रंश सामान्य होते हैं किन्तु द्वितीय प्रकार के भ्रंश केवल उन प्रान्तों में ही सामान्य होते हैं जहाँ शिथिल बलित (folded—मुड़ी) है। चित्र ३८३ में एक भ्रंश एवं एक बलन (मुड़ाव) के बीच के सम्बन्ध का सुझाव देना है। जो मुड़ाव एक स्थान में टूटा हुआ नहीं है वह एक विपरीत भ्रंश (reversed or thrust fault) की श्रेणी में आ सकता है (चित्र ३८४)। भूपटल के भ्रंशित खण्ड कुछ स्थानों में मुड़े हुए हैं। वे हमें आकार एवं विस्थापन (displacement) के हों सनत है कि वे पर्वतों, द्राणियाँ, आदि को उत्पन्न कर सकें (चित्र ३८५ एवं ३८६)। मध्युक्त राज्य के पश्चिमी पठारी प्रदेश में राकी पर्वत एक सियराज (Sierra) के बीच बहने वाले मैदान पर सामान्य भ्रंश (normal faulting) हुआ है तथा अनेक बार से आवृत्ति करने वाली म्यल की आकृतियाँ जिनमें अनेक पर्वत श्रेणियाँ एवं पर्वत खण्ड पवित्रता सम्मिलित हैं, एसी ही गतियाँ के फलस्वरूप उत्पन्न हुई हैं। पर्वत-खण्ड अथवा पर्वत-ताल का भ्रंशन के कारण है, बगार-भ्रंश (fault-scarps) कहलाते हैं। महाद्वीपीय खण्डों के किनारों पर प्रपाती ढाल (steep slopes) कुछ दशाओं में सम्भवतः बगार-भ्रंश ही हैं। विशाल भ्रंश सम्भवतः एक ही संचलन (movement) के द्वारा विरमित नहीं होते हैं।

यद्यपि भ्रंश सामान्य प्राकृतिक दृश्य हैं तथापि केवल नवीन वान के भ्रंश ही अज तब की म्यलाकृतियों के रूप में दिखाए देते हैं। यद्यपि शिलाओं की बनावट एवं

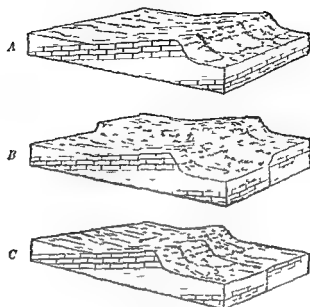


Fig 386

Diagrams to illustrate the history of a fault scarp *A* shows an unfaulted block with a line of cliffs due to the superior hardness of one formation *B* shows the same faulted, with a pronounced fault scarp *C* shows the fault scarp partly worn down (Huntington and Goldthwait)



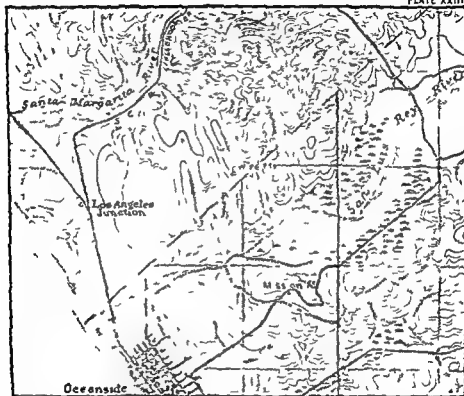
Fig 387

Monument disturbed by earthquake (Falb)



Fig 388

A chapel in Kasina injured in an earthquake of November 9, 1880 (Wahner)



A section of the California coast showing lands, near the coast which have recently emerged Scale 1+ mile per inch Contour interval 20 feet (Oceanside Cal., Sheet U S Geol Surv)



Cushtunk and Round Mountains New Jersey examples of isolated mountains left by the removal of less resistant surroundings Scale 1+ mile per inch Contour interval 20 feet (High Bridge Sheet U S Geol Surv)

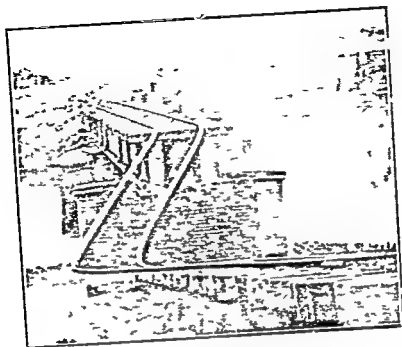


Fig 359

Horizontal and vertical displacement during an earthquake
Bengal Assam earthquake of July 12 1897 (From Dutton's
Earthquakes by permission of G. P. Putnam's Sons)



Fig 290

Great sea wave on the coast of Ceylon (Sieburg)

उनमें सम्बंधित भ्रंश अब भी जपन को प्रकट करत हैं, परन्तु पूर्वयुग के बगार भ्रंश (fault scarps) अब अपभ्रंश (erosion) द्वारा मिट चुके हैं।

यद्यपि बगार-भ्रंश मिट चुके हैं, परन्तु जनक दशाजा में भ्रंशान घाटिया की स्थिति का निर्धारण किया है जिसके कारण जनक विद्यमान स्थलाकृतिक जाहृतिया (topographic features) उनके साथ घनिष्ठ रूप से सम्बंधित हैं।

भूकम्प (Earthquakes)

परिभाषा (Definition)—भूकम्प भूतल के कम्प (tremours) जववा कम्प (quakes) होते हैं जो मानव में जम्झकित क्रियाओं के कारण से होते हैं। एक रत्नगाड़ी की गति के कारण रत्न के माग के समीप का तल कम्पित (vibrate) होन लगता है और यह कम्पन (vibration) प्रायः पट्टाम के भवना में अनुभव किया जाने के लिए पर्याप्त होता है। इस परिस्थिति में तल का हिलना भूकम्प नहीं कहा जाता है, किन्तु अज्ञान कारणों से उत्पन्न इतनी ही मात्रा का काँद कम्पन भूकम्प कहा

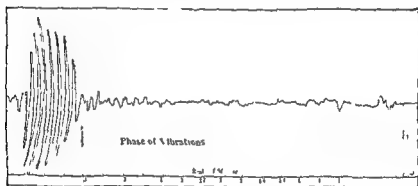


Fig 391

Seismogram of earthquake in Punjab India, April 4, 1905,
showing the actual amount of movement

(De Montessus de Ballore)

जायगा, ऐसे कम्पना का अनुभव विशेषतः पर्याप्त बड़ क्षेत्र के ऊपर किया जाता है।

भूकम्प की शक्ति एवं विनाश करने की सामर्थ्य (Strength and destruction of an earthquake)—भूकम्प की शक्ति में बहुत अंतर होता है। कुछ इतने मन्द होते हैं कि उनका अनुभव कठिनाता से होता है, अन्य इतने प्रचण्ड होते हैं कि इमारतें ढह जाती हैं, स्थल के तल में दरारे (cleavages) पट जाती हैं एवं पर्वत श्रृंखला से शिलाओं के ढेर के ढेर शिथिल होकर नीचे की घाटियों में अपक्षरित (precipitated) हो जाते हैं। भूकम्प यदा कदा सागर के जल का भी हिला डालता है जिससे विनाशक तरंग उत्पन्न हो जाती हैं।

सवेद्य (sensible—अनुभव किये जा सकने वाले) कम्पना के अतिरिक्त

जनेक भू प्रकल्प उनके तुच्छ हान है कि उनका अनुभव भी नहीं होता है। उनका ज्ञान केवल उस नातुक यंत्र द्वारा किया जाता है जो तब के समस्त कम्पना को जपन

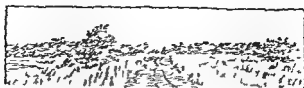


Fig 392
The bending of railway track in India, earthquake
of 1897 (Oldham)



Fig 393
Fault in Japan 1891 (Koto)

(recording) करने के लिये सन्तथा जाता है। ऐसे प्रकल्पों की समस्या, जो इन नमूने हान है कि सामान्यतः उनकी ओर कोई ध्यान नहीं देता है अनुभव योग्य पर्याप्त शक्तिशाली भूकम्पों की समस्या को अपना अधिक नहीं है।

यद्यपि कुछ भूकम्प जीवन तथा भवना के लिए अत्यधिक विनाशक होते हैं तथापि तल के संचालन की मात्रा माध्यमनया दूतनी 'यून' होती है कि वह मीटरों और सेंटीमीटरों की अपेक्षा मिमीमीटरों में ही नापी जा सकती है। ठाम भूपटल की अपेक्षा तल पर स्थित पिण्ड (bodies) पर्याप्त अधिक गतिवान् हो सकते हैं। जिला एक उस पर स्थित पदार्थ की गति के बीच का अन्तर दम दान से स्पष्ट हो जाता है कि पश के ऊपर चोट मारन स कर्द गेद, जा उस पर पड़ी हुई हो, कर्द

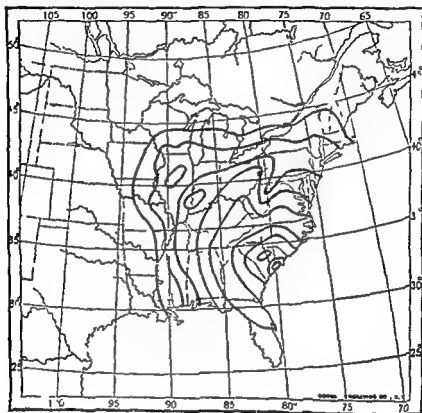


Fig 394

सण्टीमीटरों तक भी उछल सकती है यद्यपि पश स्वयं एक सण्टीमीटर के छोट अंश तक ही गतिशील होता है।

यद्यपि भूकम्प अधिकतम विनाशक एवं भयानक प्राकृतिक घटनाओं में से एक हैं तथापि जहां तक मानवीय कार्यों का सम्बन्ध है, कम से कम ऐतिहासिक युगों के कम्पा न भूतल पर कर्द महत्त्वपूर्ण चिह्न नहीं छोड़े हैं। उनकी मानव-जीवन को

नाष्ट करने की शक्ति प्रधानतया भवनो के गिराने एवं 'विशाल सागर-तरंगा' को उत्पन्न करने में निहित है। किसी घने वसे हुए निचले तट के ऊपर दून तरंगा के बट जाने से जीवन का नाश होना है। लिस्बन (Lisbon) के १७५५ के भूकम्प में एवं १८२८ मीटर (६० फुट) ऊँची लहर तट पर फैल गयीं और उसने लगभग ६०,०००

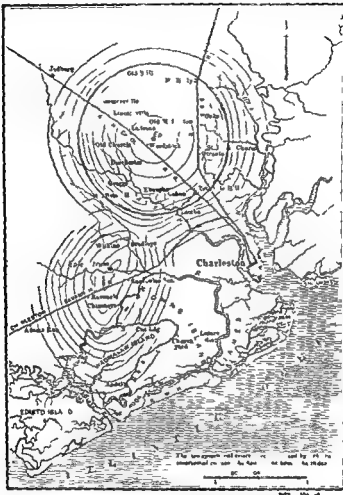


Fig 395

Epicentral tracts (i.e. tracts over the centers of disturbance) of the Charleston earthquake with isoseismal lines (Dutton U S Geological Survey)

मानव-जीवना का नष्ट कर डाला। भूकम्पा द्वारा जनक शर बदरगाहा में पट हुए अहाज लहरा द्वारा तट के ऊपर पहुँचा दिया गया है और लहर के नाष्ट जान पर जन-तन में ऊपर उच्च एवं शुष्क भूमि पर छोड़ दिया गया है।

उदाहरण (Examples)—भूकम्पा की कुछ प्रधान विशेषताएँ कनिष्ठ ध्यान दन योग्य उदाहरणा के अध्ययन द्वारा स्पष्ट की जा सकती हैं।

(१) सन १८८१ म २८ अक्टवर का जापान के प्रमुख द्वीप पर एन भूकम्प न एक दशर फाट दी जा ६४४ किलामीटर (४० मील) मे अधिक दूरी

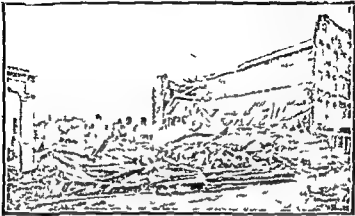


Fig 396

A wreck of the Charleston earthquake
(U S Geological Survey)



Fig 397

A large craterlet formed during the Charleston earthquake
Hundreds of them were formed near Summerville S C
(U S Geological Survey)

तब दिया जा सकता था। उस दरार के एक ओर की भूमि दूसरी ओर की भूमि से ०.६ मीटर से ६ मीटर (० से २० फुट) तक एक गड्ढा (fault) के रूप में नीचे गिर गई थी। साथ ही साथ दरार की पूर्वी ओर का एक भाग १ मीटर (१३ फुट) उत्तर की ओर अलग रूप में खिसक गया। कुछ स्थानों में चट्टानों की दरारें (cracking), "तब के ऊपर एक दरार (cracked ridge) के रूप में दिखाई पड़ा, माना तब के ही नीचे बसा छेदक (mole) का मार्ग था।" एक दरार की दरारें हट जाने का एक अन्य प्रमाण (shocks) द्वारा उन छेदकों में भी देखा गया था जो एक ही रूप में परिवर्तित हो गए।

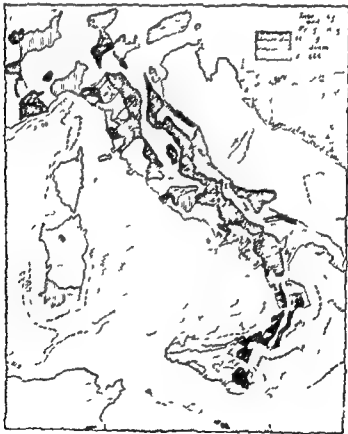


Fig 39x

Map showing the intensity of earthquakes in Italy
(Paratta and Gerland)

(-) - - - - - अलग-अलग क्षेत्रों के नाम के नीचे दर्शाया गया है (संयुक्त राज्य) का वास्तविक नक्शा एक ही रूप में दर्शाया गया है, जो संयुक्त राज्य के एक ही भाग में दर्शाया गया है। उस विनाशकारी क्षण में कुछ भी दिना

तत्र विचित्र कालाहल तथा पृथ्वी के किंचित् कंपन का अनुभव किया गया था, किन्तु उनसे किसी महान् हानि की आशंका नहीं हुई थी। उम दुभाग्यपूर्ण दिवस की संध्या को लगभग १० बजे एक घीभी गड़गड़ाहट की ध्वनि सुनाई दी जो शीघ्र ही भयंकर कोलाहल में बदल गयी। भूमि का कंपन कुछ जोर भी अधिक रूप में बढ़ता गया,

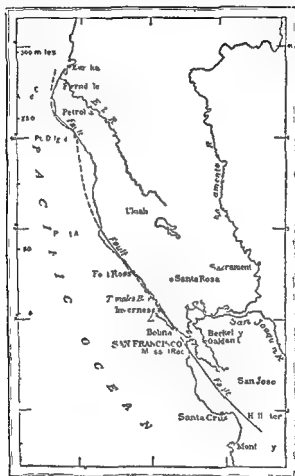


Fig 399

Map showing the position of the San Francisco earthquake fault. The position of the line north of Point Arena is uncertain (Gilbert)

यहां तक कि वह विनाशकारी रूप में प्रचण्ड हो उठा। गति फिर कुछ मंद पड़ गयी किन्तु पुन उसकी तीव्रता में वृद्धि हो गयी और फिर वह शान्त भी हो गयी। यह प्रचण्ड उपद्रव ७० सैकण्डों तक रहा। एक दूसरा धक्का लगभग पहले वाले के समान ही भयानक, आठ मिनट के पश्चात् हुआ और ६ या ७ छोटे बड़े धक्के

प्रातः काल होने तक अनुभव किये जाते रहे और छोट-छोट कम्पन जगली अप्रैल तक रङ्क-रङ्कुर समय-समय पर आते रहे। घक्का के समय इमारत हिलती थी, चिमनिया नीचे गिरती थी, दीवारें फटनी थीं, भवन अपनी नीवों से खिसकने थे, रस्ता के मार्ग अपने स्थान में हटते थे तथा रेल की पटरियाँ मुड़ जाती थीं और वृक्ष भूमि पर गिरते थे। पृथ्वी में अनेक दरारें फट पड़ी थीं और उनमें से कुछ में से पानी, कीचड़ एवं गालू की मरिनाएँ बलपूर्वक फट निकली थीं। समस्त नगर में शायद ही कोई भवन ऐसा बचा हो जिसे क्षति न पहुँची हो। इसमें २७ व्यक्ति मर गये थे, मरण मुख्यतः गिरते हुए भवनों के नीचे दबने से हुआ था। भय के कारण लोग अपने घरों से भाग पड़े थे। कई दिनों एवं रातियाँ तक जनसंख्या का एक बड़ा भाग मात्राजनिक जगहों में कैंपा में पड़ा रहा।

चायस्टन के पठार में बाहर भूकम्प का घक्का कम प्रबल था, किन्तु कम्प का अनुभव ४०,००,००० एवं ७०,००,००० वर्ग किलोमीटर (२०,००,००० और ३०,००,००० वर्ग मील) के क्षेत्र में हुआ था। सर्वप्रथम इसका अनुभव चायस्टन के समीप हुआ था बाद में नगर से तिनन्तर बढ़ती हुई दूरी पर हुआ। प्रक्को की तीव्रता चायस्टन में बढ़ती हुई दूरी के साथ ही साथ कम होती चली गयी (चित्र ३६४)। उपद्रव के केंद्र दावे (चित्र ३६५) तथा भूकम्प की तरंग गति प्रति मिनट २४० किलोमीटर (१५० मील) की दर से फैली थी।

चायस्टन के समीप कोई ज्वालामुखी नहीं था तथा यह भूकम्प किसी ज्वालामुखीय उद्गार में संवदा स्वतंत्र रूप में घटित होता हुआ जाना होता है।

(३) मई १८७७ में तथा पुनः मई १८८४ में चिना दश (दक्षिणी अमेरिका) का तट १६३० किलोमीटर (१००० मील) तक भूकम्प से अभिन्न हुआ था। दोषा ही वर्षों में कई महीना तक बक्के लगातार चलते रहे। जब वे समाप्त हुए तो यह पता चला

कि तटीय भूमि ०.६ मीटर से १.० मीटर (२ से ६ फुट) तक ऊँची उठ गयी थी। १८७५ में तट पर भूकम्प के घक्का के समय समुद्र के नीचे एक ज्वालामुखी फूट पड़ा था, और



Fig 400

The fault line (dash) 64 kilometres west of the fault line east of Half Moon Bay
(Photo by Dudley)

मैन फर्माण्डेज द्वीप तथा गण्डीज के अनेक ज्वालामुखी जाग्रत हो गये थे। अगस्त १९०६ में वही प्रदेश पुनः भयानक रूप में हिल गया था जिसमें देश के कुछ प्रधान नगरों में धन जन का महा विनाश हुआ था। वालपैराइजो में ध्वस्त भवनों के अवशेष बहुत दिना तक देखे गये थे।

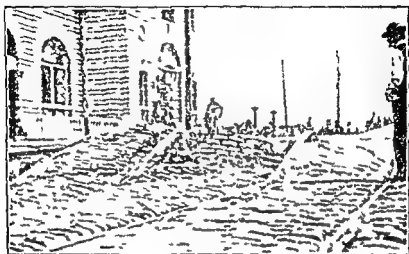


Fig 401

Deformed railway, Seventh and Mission Streets San Francisco
(Lindgren U S Geological Survey)



Fig 402

A fissure on East Street San Francisco near the water front
'Made' ground (Lindgren U S Geological Survey)

(४) मई १८१६ में सिन्धु नदी के डेल्टा के एक भाग में चार दिनों तक धक्का के एक क्रम का अनुभव हुआ था। उपद्रव की अवधि में लगभग ४,५००

वग किलोमीटर (२,००० वग मील) के विस्तार का एक क्षेत्र नीचे दब गया और वह स्थान समुद्र के गन में चला गया जबकि उसके पड़ोस की एक पटी ८० किलो-



Fig 403

A water pipe buckled out of the ground by the earthquake
Alpine road, Portola Valley, Cal (Photo by Dudley)

मीटर (१० मील) लम्बी, २६ किलोमीटर (१६ मील) चौड़ी और लगभग ३ मीटर (१० फुट) ऊँची उठ गयी थी।

(५) भारत में अप्रैल १९०४ में कागडा के भूवर्णन लगभग ३२,००,००० वग किलोमीटर (१६,२५,००० वगमीन) के क्षेत्रफल का प्रभावित किया जा और लगभग २०,००० व्यक्तियों की मृत्यु हुई थी। इस घटना में बेंपकपी (कम्पन) दो केन्द्रों में फैली थी और प्रति सैकण्ड लगभग ३ किलोमीटर (२ मील) की गति में उठी थी। १८८७ में भी यही प्रदेश क्षमिप्त हुआ था।

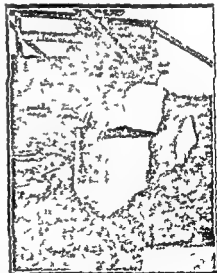


Fig 404

County Bridge, Pajaro River,
Chittenden Cal

(Photo by Dudley)

(६) भूवर्णन के घबरा की एक शृङ्खला न मने १८११-१८१२ और १८१३ में मिमीमिपी घाटी का ओहियो नदी के मुहाने के ठीक नीचे प्रभावित किया था। मिमीमिपी के बाढ़ के मैदान (flood plain) के निम्निका (de positions) में अनेक दरारे बन गयी थी और उनमें में कुछ, वहाँ तक खुदी पड़ी गयी थी। बाढ़ के मैदान के कुछ भाग नीचे का धँस गया और इन धँसने हुए भागों में दलदल तथा गीरे बन गयी जिनमें से कुछ आज भी ग्रेप है। दूर हुए वृक्षों के तने

कुछ स्थितियों में उन चीला तथा दलदलों के जल के ऊपर बहुत समय तक खड़े रहें। अप्लेशियन के पश्चिमी भाग में बना हुआ आरलियम नाम का भाग से चलने वाला सबसे पहला जहाज डम भूकम्प में यू मैड्रिड (Mo) में नष्ट होने में बाल बाल बचा आ।

(७) सन १८१० में बनेज्जला में काराकास को नष्ट करने वाले एक प्रचण्ड भूकम्प में लगभग १०,००० व्यक्ति मारे गए थे।

(८) दक्षिणी इटली में भूकम्प अत्यन्त विनाशक रहें। यहां १६८८ में लगभग २०,०००, १६६२ में ४२,००० तथा १७८३ में ३२,००० जीवन नष्ट हुए थे। कुल मितानर एक ही शताब्दी में लगभग १,००,००० जीवन नष्ट हुए थे।

(९) १८ अप्रैल, १९०६ का सैनफ्रांसिस्को भूकम्प उसमें जामपास कैलीफोर्निया के तट पर एक विनाशकारी भूकम्प आया था। सैनफ्रांसिस्को तथा अन्य स्थानों में



Fig 405
Tree uprooted by the earthquake Searsville road, Cal
(Photo by Dudley)

भूकम्प द्वारा अनेक भवना का क्षति (हानि) पहुँची थी और कुछ वास्तव में नष्ट हो गये थे। धक्का के बाद सैनफ्रांसिस्को में विभिन्न स्थानों पर आग लग गयी थी। चूँकि कम्पन के कारण पानी के नल टूट गये थे और नगर की जल प्रदाय (water supply) व्यवस्था बंद गयी थी, जहाँ आग की लपटा को शांत करने के लिए जल प्राप्त नहीं हो सका था और नगर का एक विशाल भाग जल गया था। ऐतिहासिक युग में उत्तरी अमरीका में सबसे अधिक विनाशकारी भूकम्प एक क्षैतिज भ्रंश (horizontal fault) के कारण हुआ था जो २५ मीटर से ६ मीटर (८ से २० फुट) या अधिक का था और जिसका चिह्न शीघ्र ही करीब ४८३ किलोमीटर

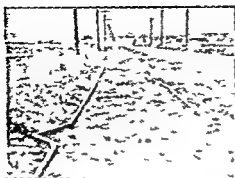


Fig 406

Track of electric railway between South San Francisco and San Bruno Point (Photo by Moran)



Fig 407

A street railway on loose ground and Union Street, near Pierce Street (Photo by Moran)



Fig 408

The Agassiz statue Stanford University (Branner)

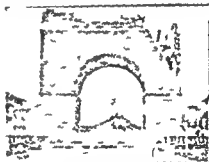


Fig 409

The great arch, Stanford University (Branner)

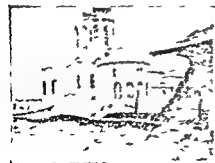


Fig 410

The University Chapel Stanford University (Branner)



Fig 411

The Library, Stanford University (Branner)

(२०० मील) तक मिला था। चित्र ३१६ से ४०५ तक में इस उपद्रव की कुछ घटनाएँ दिखायी गयी हैं।

सागर के नितल से प्रारम्भ होने वाले भूकम्प (Earthquakes starting beneath the sea)—ऐसा प्रतीत होना है कि भूकम्प कभी कभी समुद्र के नीचे में भी प्रारम्भ होते हैं और वहाँ में स्थल भाग में फैल जाते हैं। समुद्र के निचले भाग में भूकम्प के समय होने वाले परिवर्तन के विषय में शायद ही स्पष्ट जानकारी हो पाती है, किन्तु कुछ दशाओं में उनके विषय में कुछ तथ्य विदित हैं। यह विशेषतः उन भूकम्पों के प्रसंग में सत्य है जो ग्रीस (यूनान) के तट के समीप घटित हुए हैं, क्योंकि कई स्थितियाँ में समुद्री तार (cables) टूट गये हैं, और उनकी मरम्मत के समय पानी की गहराई नापने में जो कुछ हुआ था उसका संकेत मिला है। एक

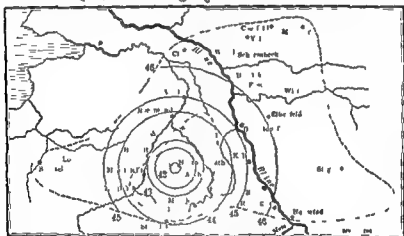


Fig 412

Coseismic (at the same time) lines for each minute Herzogenrath (Germany), earthquake of October 22, 1873 (Lasaulx)

स्थान पर समुद्री तार की मरम्मत करने वाले एक जहाज के अगले तना पिछले भाग से जल की गहराई नापते समय दोनों ओर की गहराइयों में ४१७ मीटर (१५०० फुट) में अधिक का अंतर मिला उताया गया है। पहले जब वहाँ समुद्री तार डाला गया था तो समुद्र का नितल लगभग समतल था।

भूकम्प-तरंग (The earthquake wave)—जैसे पानी की लहर किसी क्षेत्र के चारों ओर फैलती है, लगभग उसी भाँति भूकम्प की लहर भी तट के ऊपर माध्यागन्त फैलती है। इसी कारण हम भूकम्प की तरंग कहकर उसका उल्लेख करते हैं। वास्तविक गति तरंगान्तर ही होती है, किन्तु यह तरंग किसी जल तरंग में भिन्न होती है, यद्यपि दोनों में कुछ समानताएँ भी पायी जाती हैं। किसी भूकम्प तरंग का क्षेत्र एक रेखा, एक भेसला (belt—पट्टी) अथवा एक बिन्दु हो सकता है, और अनेक दशाओं में इसकी स्थिति (location) का पता लगाना में मन्दी लगाया जा सकता है।

उत्पन्न करने के लिए जति मद है, किन्तु स्थानीय रूप में तथा समय समय पर व स्पष्ट कंपन (quakings) उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त है।

भूकम्प से उत्पन्न तल परिवर्तन (Surface changes caused by earth quakes)—भूकम्पा द्वारा स्थल के तल में नियमित अनेक परिवर्तन हैं, यद्यपि वे सब महत्वपूर्ण नहीं हैं। विदरा (cracks) एवं दरारा (fissures) तथा तल के उठाव एवं धँसाव, जिनका उल्लेख पहले किया जा चुका है, वे अनिश्चित जल के निकास का माग (drainage—अपवाह) प्रायः जन्म-मरण हो जाता है। ऐसा अनेक विदरा एवं दरारा के कारण होता है जो तल में फट पड़ती हैं, और अनेक अन्य कारणों से भी होता है। यदि बार्द खुली हुई दरार किसी मरिचा के माग के ज़रफ़ार विकसित होती है तो नदी धारा उसमें प्रवेश कर जायगी, चरम जन्म-मरण हो जायेंगे, पुराने झरना का प्रवाह बंद हो जायगा और नवीन चरम निरुप पड़ेंगे। ऐसा सम्भवतः इस कारण होता है कि भूकम्प की गति तल के नीचे की चट्टान को ताड़ देती है और इस प्रकार भूमिगत जल के प्रवाह का माग परिवर्तित हो जाता है। अस्थायी फव्वारों के समान चरम कभी-कभी बन्द जात हैं जिनमें हाकर जल प्रचण्ड रूप में ऊपर उछलता है। कुछ भूकम्प भूमि ग्लान (land slides) उत्पन्न करते हैं और यदि किसी पर्वत के पार्श्व से पड़ाव नीचे गिरता है तो वह नीचे की घाटी का इस प्रकार राव देता है कि उसमें जल का निकास जन्म-मरण हो जाता है।

किन्हीं किन्हीं दरारा और छाट छेदों से हानिकर गैसें भी निकलती हैं। कुछ दशाओं में भूकम्प के समय नीचे से जान बानी गिरिज (टीली) बालू दरारों में भर जाती है।

भूकम्प तरंगों जल में जीवा पर एक विचित्र विनाशकारी प्रभाव डालती हैं। अनेक स्थितियों में यह उल्लेख मिलता है कि नदियाँ, खाडियाँ तथा महासागरों के भी जीवधारी किसी भूकम्प के समय अमाधारण संख्या में मारे जाते हैं।

मानचित्र-कार्य—स्थलाकृतिक मानचित्रों की व्याख्या में अध्याय १७ देखिए।

प्राकृतिक भूवृत्तिक आकृतियों का उद्भव एवं इतिहास (ORIGIN AND HISTORY OF PHYSIOGRAPHIC FEATURES)

भूवृत्ति (physiographic) विधियाँ व पूर्ववर्ती अध्ययन द्वारा हम अत्र तक जा जान प्राप्त हुआ है उसमें आधार पर अब हम प्रधान भूवृत्तिक प्रकारों (types) को दुहरा सकते हैं।

मैदान (Plains)

मैदान, जो स्थल तल व तीन विनाल विभागों (पहाड़, पठार और मैदान) में एक है, विभिन्न प्रकारों में उत्पन्न हुए हैं। उनका दर्शाओ म उनके पदार्थों में प्रकट होता है कि वे कभी समुद्र के नीचे थे। इस दृष्टि से वे (१) ऊपर की झुक गये

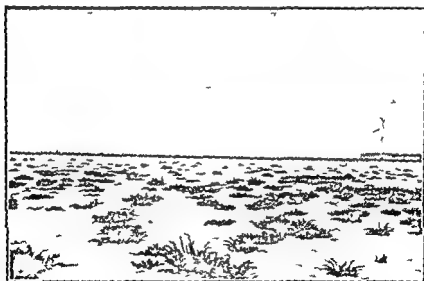


Fig 417

Arid plain Western United States. A mesa or plateau at the right
(U S Geological Survey)

(bowed up), (२) ऊपर की झुकी हुई (faulted), या (३) इस प्रकार में बनी (built up) कि वे जल में बाहर निकल आये, अथवा (४) समुद्र के तल में नीचे धिक्क गये (drawn down) और सूख गये। मैदान इस भाँति भी बन है कि

(५) पठार अथवा पर्वत घिसकर नीचे हो गये। अनक स्थितियां म इन विधियां म स दा अथवा अधिक विधियां मैदान के विकास में संयुक्त रूप से (jointly) क्रियाशील रही है।

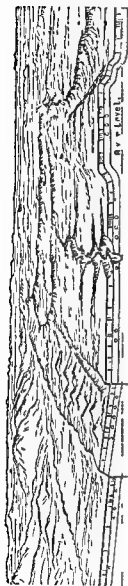


Fig 418
Bird's eye view of Colorado Plateau (Ponell)

जब मैदान विकसित हो जान है तो (१) क्रम स्थापन (gradation) द्वारा परिवर्तित होत है। सभी मैदान वायु द्वारा परिवर्तित होत रहत है, अधिकांश मैदानों का परिवर्तन सरिताओं द्वारा होत है और कुछ में हिमनदियों के अपभरण द्वारा होत है, (२) कुछ मैदानों का पटल विरूपण (diastrophism) बिहृत (deformed) कर देता है, अथवा (३) ज्वालामुखियों की क्रिया कुछ स्थितियों में लावा के प्रवाह द्वारा मैदानों का ऊँचा कर देती है, अथवा ज्वालामुखियों के शंकुओं के विकास मैदानों का विभिन्न रूप प्रदान करत है।

विस्तृत विस्मरण के सभी विद्यमान मैदान इन सभी विधियों द्वारा अथवा इनमें से कुछ के द्वारा परिवर्तित हुए हैं। उदाहरण के लिए पूर्वी संयुक्त राज्य के तटीय मैदानों का ऊँचे उठने की क्रिया (aggradation) और पटल विरूपण (diastrophism) द्वारा विकसित हुए हैं, पलायन मात्रा में अपभरण (erosion) द्वारा परिवर्तित हुए हैं, और शायद वे अपनी उत्पत्ति के समय में ही कुछ-कुछ विकुचन (warping—एटन) द्वारा भी परिवर्तित हुए हैं। संयुक्त राज्य का विशाल भीतरी मैदान वर्षों एक सरिताओं के अपभरण द्वारा अत्यधिक परिवर्तित हुआ है, और यह मैदान उत्तर की ओर हिमाच्छादन (glaciation) द्वारा परिवर्तित हुआ है। जैसा कि पहले दिखाया जा चुका है कि इन विधियों के कारण अनक छोटे-छोटे आकारों की जाड़तियां (minor features) का विकास हुआ है। रहते हुए जल द्वारा घाटियां बन गयी हैं और इस क्रिया में पर्वत, शायद तब पहाड़ियां छाई दी गयी हैं। महाद्वीपीय हिमनदियों ने टीला (mounds), पहाड़ियों (hills) और कटवा (ridges), और उन अनियमित (irregular) गर्त (depressions) का निर्माण किया है जिनके आकार कनली (kettle—चाय पत्र) अथवा गकारे (saucer) अथवा द्रोणी गत (trough) के समान होते हैं। इन गर्तों में से अनक गर्तों में झील (lakes) जलाशय (ponds)

और दलदला (marshes) के रूप वर्णन कर नियत है। इस प्रकार से परिवर्तित भूमि कभी-कभी हिमनदियों के मैदान (glacial plains) कहलाती है। बड़ी बड़ी घाटियाँ के नितल (bottoms) में नदियों के मैदान (river plains) विकसित हो गये हैं, तथा उन जनक थोड़ा के आमपाय, जिनकी द्राणिया (basin) अक्षा भर चुकी (filled) है अथवा जिनके तल उनके जल के निकास मार्गों (outlets) के निचाव द्वारा नीचे भिन्न गये हैं, सरोवरीय मैदान (lacustrine plains) विकसित हो गये हैं। इसी प्रकार के मैदान उन जनक पुरानी थोलों के स्थल से स्थित हैं जो कि अतः विरुद्ध हैं। नदियों के मैदान (river plains) एवं सरोवरीय मैदान छोटे प्रकार के मैदान हैं। इनमें से कोई भी मैदान बड़े-बड़े क्षेत्रों के मैदानों में अथवा पठारों एवं पहाड़ों में विकसित हो सकता है।

क्रम-स्थापन (gradation) द्वारा उत्पन्न परिवर्तना के अतिरिक्त भीतरी मैदान (मध्यम राज्य) सम्मन्जन पटल विरूपण (diastrophism) के अल्प प्रभावा (unobtrusive expressions) द्वारा भी कुछ अंश तक परिवर्तित हुआ है।

पश्चिम (West) के विभिन्न मैदान ज्वालामुखियों से निकले हुए पदार्थ (ejection of volcanic matter), क्रम-स्थापन (gradation) एवं पटल-विरूपण द्वारा परिवर्तित हुए हैं और अधिकांश मैदान कुछ सीमा तक पवन द्वारा प्रभावित हुए हैं।

पठार

(Plateaus)

पठार उन विधियाँ में से कुछ जिनका द्वारा उत्पन्न हो सकते हैं जिनके कारण मैदानों की उत्पत्ति होती है (अध्याय प्रथम)। पयाप्त ऊँच समावलन (sufficient up warping—ऊपर का टूटन की क्रिया) अथवा उस प्रकार का ऊँच-स्फाना-रूप (up-wedging—पञ्चर क्रिया) जो मैदानों का उत्पन्न करता है पठारों का भी जन्म दे सकता है। इसी प्रकार पयाप्त भू-संरचना (up building) भी विरूपण नामक प्रक्रिया द्वारा, पठारों का निर्माण कर सकती है। यह सन्देहयुक्त है कि कभी समुद्र तल किसी समय इतना नीचा हो गया हो कि तटीय मैदान पठारों में परिवर्तित हो गये हैं, और पठार ऊँची भूमि के नीचे हान में नहीं बन है। अतः हमें यह जानना पड़ेगा कि पठार उन सभी विधियों द्वारा आपरिवर्तित (modified) होत हैं जो मैदानों का आपरिवर्तित करती हैं। सभी विद्यमान पठार हमें से कुछ विधियों द्वारा प्रभावित हुए हैं तथा अधिकांश पठार उनमें से कुछ विधियों द्वारा अपनी पयाप्त ऊँचाई के कारण पठारों की उद्भूति (relief) मैदानों की उद्भूति की अपेक्षा अधिक विशाल है।

पर्वत

(Mountains)

स्थलाकृतिक आकृतियाँ (topographical features) के रूप में पर्वतों का कुछ अध्ययन (अध्याय १ में) पहले किया जा चुका है किन्तु उनमें सम्बन्धित कुछ बातों पर अच्छी तरह विचार तब तक नहीं किया जा सकता था जब तक कि

ज्वालामुखीयता एवं पटल विस्फण की विधिया की रूपरेखा का ज्ञान न हो जाय। अतः हम उन विभिन्न स्वरूपा पर ध्यान दे सकते हैं जिन्हें पवन ग्रहण करते हैं। उनका समूहीकरण (grouping) वैयक्त होता है, उनकी संरचना (structure) बया है, और प्रकृति के राज्य में वे किन उद्देश्यों की पूर्ति करते हैं।

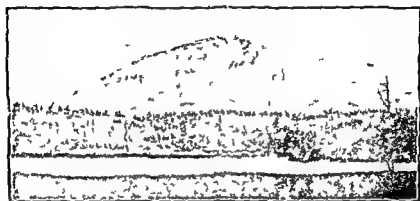


Fig 419

Dome shaped mountain in the Uinti Mountains (Church)

पर्वतों की परिभाषा इस प्रकार की गयी है कि वे स्थल के ऐसे पुंज (समूह) हैं जो अपनी पर्याप्त ऊँचाई के कारण अपने पास-पड़ोस की अपेक्षा अत्यन्त स्पष्ट होते हैं, किन्तु उनके शीर्ष पर वे तल का विस्तार अधिक नहीं होता है। यह ध्यान रखना चाहिए कि विशाल शीर्ष वाले पर्वत तथा छोटे पठारों के बीच में सभी प्रकार के क्रम स्थापन (gradations) मिलते हैं।

जिन लोगों ने कभी पर्वत नहीं देखे हैं किन्तु पहाड़ियाँ और कटक (ridges) देखे हैं, वे पर्वतों के विषय में यह मानकर कोई धारणा बना सकते हैं कि वे उन पहाड़ियों तथा कटकों के समान होते हैं जो अपने पास-पड़ोस में बहुत ऊँचे ज्ञात होते हैं। उनमें से कुछ अपने पास-पड़ोस से केवल कुछ सौ मीटर ही ऊँचे हैं जबकि अन्य अनेक हजार मीटर ऊँचे होते हैं। जैसा कि पहाड़ियाँ एवं नीचे कटकों के विषय में होता है, वैसा ही कुछ पर्वतों के ढाल प्रपाती (steep) और कुछ के हलके ढाल हैं।

कोई एकाकी पर्वत (single mountain—अकेला पर्वत) एक बड़ी पहाड़ी हो सकता है (चित्र ४१६, पृष्ठ २४), किन्तु एक बड़ी पहाड़ी एवं एक छोटे पर्वत के मध्य सभी प्रकार के क्रम स्थापन (gradations) होते हैं। किसी एकाकी (अकेली) ऊँचाई को पहाड़ी कहा जाय अथवा पर्वत यह निर्णय उसके पास-पड़ोस पर निर्भर होता है या उन लोगों के निर्णय पर निर्भर होता है जिन्होंने उसका नामकरण किया है। एक एकाकी पर्वत का सम्बन्ध किसी पर्वतीय प्रदेश के साथ बही होना है जो कि किसी पहाड़ी का सम्बन्ध एक पहाड़ी प्रदेश के साथ हो सकता है।

कोई पर्वत एक ऊँची पहाड़ी न होकर एक ऊँचा कटक हो सकता है (पृष्ठ २५)। एक पर्वत कटक प्रायः एक पर्वत श्रेणी (mountain range) कहलाता है। किसी पर्वत श्रेणी का शिखर लगभग समान हो सकता है (पृष्ठ २५), या इसका शिखर उच्च चित्रा की एक शृङ्खला (series—पर्वत) हो सकती है जो अगल एक दूसरे से गता द्वारा जुड़ा हो (पृष्ठ २६)। किसी पर्वत श्रेणी अथवा कटक के दोनों ओर के ढाल अलग समान हो सकते हैं या वे अनि समान भी हो सकते हैं (चित्र ४२०)।



Fig 420

An asymmetrical mountain ridge

एक पर्वत-समूह (mountain group) विभिन्न अथवा अनेक पर्वत शिखर (peaks) अथवा छोट पर्वत कटकों का मिश्रण होता है। कॅटस्किल (Catskill) पर्वत और ब्लैक हिल्स (Black Hills) हमारे उदाहरण हैं।

एक पर्वतमाला या पर्वत तन्त्र (A mountain chain or mountain system)—एक लम्बावारी (elongate) पर्वत समूह होता है, जो अनेक एकलकी (single) पर्वत या पर्वत श्रेणियाँ (mountain ranges) अथवा दोना में मिश्रण होता होता है। प्रत्येक पर्वत श्रेणी साधारणतया एक सामान्य दिशा में स्पष्ट रूप से फैली रहती है। अपूर्वाशियन पर्वतमाला (mountain system) इसका एक उदाहरण है (चित्र २१, पृष्ठ २६)। कुछ पर्वत तन्त्र (mountain systems) जैसे कि जाल्पम अथवा तन्त्र की अपेक्षा किसी एक दिशा में अधिक लम्बे नहीं हैं। किसी पर्वत तन्त्र की अधिक स्पष्ट ऊँचाइयों का अलग अलग नाम होता है, और उनमें से प्रत्येक एक पर्वत होती है।

पर्वतों का वितरण (Distribution of mountains)—किसी भी महाद्वीप में अधिक प्रसिद्ध पर्वत भीतरी भागों का अपेक्षा स्थल व समुद्रों की ओर है। किन्तु यह ध्यान रखना चाहिए कि उन कुछ महाद्वीपों में भी जहाँ यह बात सत्य है सभी पर्वत समुद्र व तट के ही समीप नहीं हैं। उदाहरण के लिए, उत्तरी अमेरिका व पश्चिमी भाग में कुछ अपेक्षाकृत ऊँची श्रेणियाँ पैसिफिक महासागर में लगभग १,६०० कि.मी. (१,००० मील) की दूरी पर हैं तथा पूर्वी पर्वतों के कुछ भाग पेट्रोलियम व लगभग ६४८ कि.मी. (४०० मील) दूर हैं। दक्षिण में महाद्वीप के मध्य भाग में समान भूमि लगभग पर्वतीय ही है।

दक्षिणी अमेरिका में एण्डोस नामक उच्च पर्वत एक पटी में सीमित है जो

तट के समीप चौड़ाई में बढ़ाचित हो ४८० किलोमीटर (३०० मील) में अधिक है। पूर्वी भाग में कुछ अपेक्षाकृत नीचे पवन समुद्र-तट से दूर है।

अफ्रीका में उच्चतम पवन महाद्वीप के दक्षिण पूर्वी तट के समीप है। उत्तर-पश्चिमी सीमा तथा कुछ अन्य स्थानों पर भी पवन स्थित है, किंतु समग्र रूप में यह कहना कठिन है कि पर्वतीय तट इस महाद्वीप की प्रमुख विशेषता है। आस्ट्रेलिया में भी अधिक महत्वपूर्ण पवन तट के ही समीप हैं, यद्यपि बहुत सा तट पर्वतीय नहीं है।

यूरेशिया के पर्वतों का व्यापक रूप से देगन पर यह कहना कठिन है कि वे मरु महासागर के समीप हैं, यद्यपि उनमें से कुछ ऐसे भी हैं जो सागर के तट के समीप स्थित हैं।

ऊँचाई (Heights)—ऊँचाई में पर्वतों का विस्तार केवल कुछ माँ मीटर ऊँची बड़ी पहाड़ियाँ अथवा पर्वत श्रृंखलाएँ से लेकर लगभग ६,१५० मीटर (३०,००० फुट) की ऊँचाई तक है। अनाम्बा का छाटकर मयुक्ता राज्य में उच्चतम पर्वत कैलीफोर्निया की सियरा निवागा की श्रेणी में मिलता है। यहाँ की उच्चतम चोटी (व्हाइटनी पर्वत—Mt Whitney) लगभग ४,५०० मीटर (१५,००० फुट) की ऊँचाई तक पहुँचती है। राकी पर्वतों की उच्चतम चोटियाँ इसमें कुछ ही कम नीची हैं और अनेक चोटियाँ ऊँचाई में ४,२०० मीटर (१४,००० फुट) से अधिक ऊँची हैं। अकेले कालारडो में ही लगभग ४० चोटियाँ हैं जो ऊँचाई में ४,२०० मीटर तथा ४,३५० मीटर (१४,५०० फुट) तक के बीच ऊँची हैं। वॉशिंगटन में रूनिअर पर्वत (Mount Rainier) भी ४,२०० मीटर से कुछ अधिक ऊँचा है। अलास्का में उच्चतम पर्वत मैककिनले (Mt McKinley) की ऊँचाई ६,१८० मीटर (२०,३०० फुट) है।

एण्डीज पर्वतों में उच्च स्थान लगभग ६,६०० मीटर (२३,००० फुट) की ऊँचाई वाले हैं और अनेक चोटियाँ ६,००० मीटर (२०,००० फुट) से ऊपर उठी हैं।

यूरोप के उच्चतम पर्वत जाल्पिन की ऊँची चोटियाँ लगभग ४,८०० मीटर (१६,००० फीट) की ऊँचाई तक मिलती हैं तथा काकेशस (Caucasus) की उच्चतम चोटियाँ इसमें कुछ ही कम ऊँची हैं। पृथ्वी के उच्चतम पर्वत हिमालय में उच्चतम चोटी एवरेस्ट पर्वत (Mt Everest) समुद्र तल से लगभग ६,१५० मीटर (२०,००० फुट) ऊँची है।

अफ्रीका एवं आस्ट्रेलिया के पर्वत अविशाल हैं बहुत नीचे हैं। अफ्रीका में कुछ ज्वालामुखी चोटियाँ लगभग ६,००० मीटर (२०,००० फुट) की ऊँचाई तक हैं और आस्ट्रेलिया की सबसे बड़ी ऊँचाई २,४०० मीटर (८,००० फुट) से भी कुछ नीची पड़ती है।

सागर स्थित पर्वत (Oceanic mountains)—सागर द्वीपों में तथा स्थल-मंचों (continental platforms—महाद्वीपीय महावेदी) पर भी पर्वत विद्यमान हैं। अनेक सागर स्थित पर्वत अशत अथवा पूज्य जन के नीचे हैं किंतु उनमें से कुछ के शिखर जनमग्न नहीं हैं।

यदि किसी पर्वत की ऊँचाई समुद्र-तल के ऊपर उसकी ऊँचाई की अपेक्षा उसके आगम के ऊपर उसकी ऊँचाई के द्वारा नापी जाती तो महासागरों के कुछ ज्वालामुखी श्रृंखला पृथ्वी के सर्वोच्च पर्वतों में गिने जाते हैं। जैसे मीना की (Mount Kea) (चित्र ३५२), ताइवाई द्वीप में स्थित है, समुद्र-तल से लगभग ८,२०० मीटर (२६,००० फुट) ऊपर उठा हुआ है। यदि उसकी माप समुद्र के तल से की जाय जहाँ से कि द्वीप ऊपर उठा है, तो उसकी ऊँचाई ६,१६० मीटर (२०,००० फुट) में कम हो जाती है। एक दृष्टिकोण से यह पृथ्वी का लगभग सर्वोच्च पर्वत है यद्यपि यह समुद्र-तल से ऊपर सर्वोच्च नहीं है। एंटीलीयन पर्वत तंत्र (Antillean mountain system) (पश्चिमी द्वीप समूह तथा मध्य अमेरिका आदि के पर्वतों का सम्मिलित करने द्वारा) के कुछ भाग भी समुद्र-तल से नीचे ४,८०० मीटर से १,६०० मीटर (१८,००० से १८,००० फुट) तक की गहराई में ऊपर उठकर समुद्र-तल से ऊपर ३,००० मीटर (१०,००० फुट) से अधिक अधिकतम ऊँचाई तक पहुँचते हैं। अतएव वे समुद्र के महातलम पर्वतों में हैं, यदि उनकी ऊँचाई उनके वास्तविक आगम से मापी जाय।

पर्वतों में होने वाले परिवर्तन (Changes taking place in mountains)—पर्वतभंगन (degradation—नीचे की ओर चलाव) की अनेक विधियाँ जिनका अध्ययन किया जा चुका है, पर्वतों में क्रियाशील रहती हैं, किन्तु उनका सामयिक महत्त्व यहाँ नहीं रहता है जो कि निम्नतर भूमि में होता है। अतएव के कारण अनेक पर्वतों का गला हुआ तथा अनेक ऊँचाई के कारण होने वाले जनवायु के अन्तर्गत हैं।

सबूट दाता के कारण पर्वतों में मैदानों की अपेक्षा बलवन्त विधियाँ (mechanical processes) द्वारा अपक्षरण अधिक शीघ्रता से होता है। सामान्यतः पर्वतीय परिवर्तनों में कम से कम अपक्षरण-चक्र (erosion cycle) के आरम्भिक चरणों में दुर्गमता होती है और वह गहरी घाटियाँ बनाती है। प्रदानत इस कारण से पर्वत भूतल के अधिकतम उर्वर-आवृत्ति (roughness) भाग हैं। शीघ्र अपक्षरण का अर्थ है कि अपक्षरण शीघ्र (weathered rock) शीघ्रता से हटा दी जायगी। अतएव पर्वतों में आगम-तल (mantle-rock) का एकत्रीकरण (accumulation) उन भागों में कम होता है जहाँ कि अपक्षरण (erosion) अधिक तीव्र नहीं होता है और उन्नी कारण बल पर नहीं (bare) सतहों अधिक मिलती हैं।

प्रत्येक १०० मीटर (३०० फुट) की ऊँचाई के लिए तापमान औसततः लगभग १° फा० (—१०° से०) कम हो जाता है। यदि कोई पर्वत अपने पाम पडाम १००० मीटर (३००० फुट) ऊँचा है तो उस कारण उसके शीर्ष का तापमान उसके तल की अपेक्षा लगभग १०° फा० (—१०° से०) कम होगा। निम्न तापमान के कारण उच्च पर्वतों पर वनस्पति कम होती है। वनस्पति का अभाव बहुत दूर तक तथा पर्वतों का अपक्षरण शीघ्र (weathered rock) के हटाने में सहायता पहुँचाता है। अब कोई पर्वत इतना गोल होता है कि सदा वनस्पति उत्पन्न

नहीं हो सकती तो पौधों का अभाव एवं साथ-साथ ढाल का गढ़ा होना, जो कि पर्वतों की विशेषता होती है नमन जिला-आ का अपभ्रंश (weathering) की क्रियाओं के लिए खुला छोड़ देता है। उच्च स्थानों में जल निकास के दैनिक परिवर्तन अधिक होते हैं, विशेषतः धूप के दिनों में, और इस कारण से जिला-आ का



Fig 421

A mountain valley The narrow part of the canyon shown here became the site of a dam 1030 metres high for a reservoir for irrigation purposes (U S Geological Survey)

टूटना अधिकतम प्रभावशाली होता है। गढ़े ढाल इस प्रकार से टूट हुए शिलाखण्डों को नीचे गिरने जगह भरलता में नीचे गिरने में नहीं रोकता (चित्र ४२२), और इस प्रकार शिला-आ के नवीन तला को उही परिवर्तनों के लिए पुनः खुला छोड़ देता है।

सामान्य मैदानों की अपेक्षा पर्वतों में अवक्षेपण (precipitation) (वर्षा और हिम) अधिक होता है और उसका जलवायु हिम के रूप में गिरता है। हिम का संचय वर्ष के पर्याप्त भाग तक होता है और बाद में वह पिघलती है। जब यह

हिम पिघलती है, तो बहना हुआ जल वही प्रभाव रखता है जो बेड्रित वषा का होता है। यदि हिम का मलय पर्याप्त मात्रा में हा जाता है तो उसमें हिमनदी की उत्पत्ति होती है, जो केवल अव्यक्ति उच्च जगहों को छोड़कर, पर्वतीय प्रदेशों के बाहर नहीं पायी जाती है। जल एवं समय रूप से जल स्थानों की अपेक्षा पर्वतों में अपभरण (erosion) अधिक तीव्र होता है।

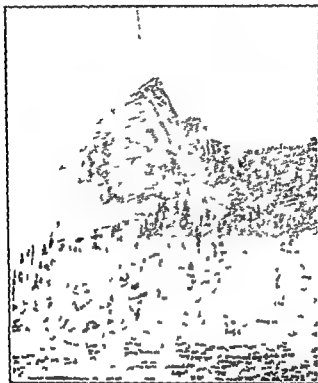


Fig 422

Quartzite Peak, Wasatch Mountains with quantities of talus at its base (Chamberlin)

दूधनी और मैदानों की अपेक्षा पर्वतों में तलछट का निक्षेपण (deposition of sediment) अपेक्षाकृत कम होता है क्योंकि बड़ा बाल प्रपाती होने है तथा मरिनाएँ नीचे होती हैं। जो मर्यादित है जलवा प्रपाती द्वारा स नीचे होया जाता है उसका अधिकतम भाग पर्वतों के आधारों पर अवस्थित रूप में जमा हो जाता है।

पर्वतीय प्रदेशों में पवन प्रायः तेज होती है, यद्यपि स्थान पर उसका प्रत्यक्ष प्रभाव अपेक्षाकृत कम होता है क्योंकि (१) वह साधारणतया झुण्ड नहीं होती, तथा (२) पर्वतों पर उन्माद जो मरुत बाल महान पदार्थ नहीं होता है।

पर्वतीय प्रदेशों में पवन का महत्वपूर्ण प्रभाव वृक्षा की प्रकृति पर पड़ता है

(चित्र ४२३) । यह प्रभाव विशेषतः उन स्थानों पर, जहाँ वे दूर-दूर होत हैं, अथवा उनकी उत्पत्ति की उपरी सीमा के पास (वृक्ष रेखा—*tumber line*), अधिक होता है ।

पर्वतों का उद्भव (Origin of Mountains)

पर्वतों का उद्भव अति भिन्न प्रकार में होता है किन्तु उन सभी को तीन



Fig 423

A mountain tree Near Granite Colo (Capps)

सामान्य वर्गों में उनकी उत्पत्ति में निहित प्रबल शक्तियों के अनुसार रखा जा सकता है । परन्तु अनेक पर्वतों के सम्बन्ध में दो या तीन प्रकार की विधियाँ ही महत्वपूर्ण भाग लेती हैं ।

ज्वालामुखी पर्वत (Volcanic Mountains)—चित्र ३६२ और ३६४ में ज्वालामुखी उद्भव के एकाकी (isolated) पर्वत दिखाए गए हैं । इस प्रकार की रचना वाले एकाकी पर्वत पृथ्वी के उच्च पर्वतों की श्रेणी में हैं । शास्ता (Shasta) रेनियर (Rainer) एवं अन्य पूर्व वर्णित पर्वतों के अतिरिक्त कोलाराडो की स्पनिश चोटियाँ (The Spanish Peaks of Colorado) (४,१०० मीटर) तथा अलास्का का रैंगल पर्वत (Mt Wrangell) (१३,००० मीटर) इसी प्रकार के हैं । इसी प्रकार ओरीजोबा (Orizoba) (५,५०० मीटर), तथा पोपोकटपेटल (Popocatepetl) (१,३५० मीटर) मैक्सिको में तथा त्रिजुल्को (Tijamulco) (५,५५० मीटर) तथा अन्य मध्य अमेरिका में, एकोएगुआ (Acoecagua) (६,८०० मीटर), चिम्बोरेज़ा (Chimborazo) (६,४०० मीटर) तथा अनेक अन्य एण्डोस में, एल्ब्रुज (Elbruz) (५,१०० मीटर), डेमावन्द (Demavend) (५,४०० मीटर) ग्रेट अराराट (Great Ararat) (लगभग ५,१०० मीटर), फुजीयामा (Fujiyama) (३,६६० मीटर) तथा अन्य एशिया में, एवं किलीमाजारो (Kilimanjaro) (५,८०० मीटर) तथा केनिया (Kenya) (५,४०० मीटर) अफ्रीका में, भी इसी श्रेणी के पर्वत हैं । अफ्रीका तथा दक्षिणी अमेरिका की उच्चतम पर्वत चोटियाँ ज्वालामुखीय हैं । ज्वालामुखियों द्वारा निर्मित पर्वत, पर्वत तंत्र (mountain system) अथवा पर्वत श्रेणियाँ न

इस प्रकार, जैसे कि मैंने उल्लेख किया है, ऐसे क्षेत्रों का नाम न वाशिंगटन (Washington) में रखा गया है।

उत्थरण-जनित पर्वत (Mountains produced by erosion) —

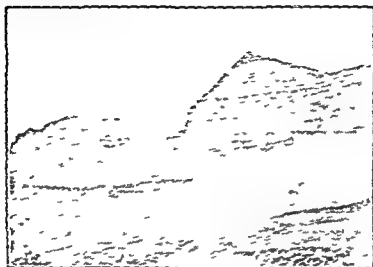


Fig 424

Mountains of horizontal strata, Tropicana, Southern Utah (Chert)

इसका की संरचना (structure) चित्र ४०६ तथा ४०५ द्वारा दिखायी गयी है। इस प्रकार के पर्वत पठारों के किनारे पर पाये जाते हैं, जिनसे पर्वतों के उद्भव का पता चलता है।

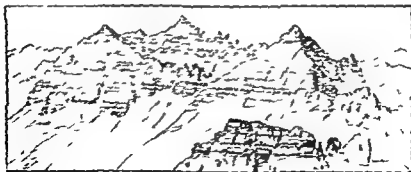


Fig 425

Mountains shaped by the erosion of horizontal beds of stratified rock, Cass's Group, Colo. (Hollister, Helderberg)

मैंने उल्लेख किया है कि पर्वतों के उद्भव का पता चलता है। इस प्रकार के पर्वत पठारों के किनारे पर पाये जाते हैं, जिनसे पर्वतों के उद्भव का पता चलता है।

घिसाव) की अवधि में उन पठारों से ही विकसित हो जाते हैं। कैंटसकिल (Catskill Mt) इसका उदाहरण है। (अमरीका के) पश्चिम के शुष्क प्रदेशों में अथवा उदाहरण भी मिलने हैं। यहाँ पर एकाकी शिखरपुंज (isolated masses of rock) को प्रायः स्वधागिरि (buttes) कहते हैं (चित्र १५३)।

अतःभेदन एवं उत्थान (Intrusion and uplift)—चित्र ३५ जहाँ जहाँ पर्वतों की पर्वत रचना (mountain structure) का प्रतिनिधि है। इस प्रकार के पर्वतों का जहाँ जहाँ पर्वत पुंज (mountain groups) हो सकते हैं, तथा यहाँ दोना ही बट अथवा छाट हो सकते हैं। अनेक देशों में स्तरित चट्टानें (bedded rocks) जो पर्वतों में पड़ी हैं, वहाँ शीघ्र के ऊपर तक विस्तृत भी और अब अपक्षय

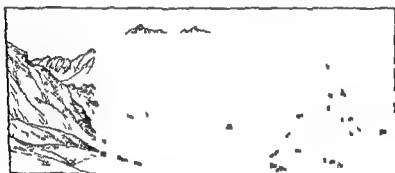


Fig 426

Mountains shaped by erosion where the rock is massive Elk Mountains Colo (Holmes Hayden Survey)

द्वारा कट गयी हैं। ब्लैक हिल्स तथा एडिरॉन्डैक्स (The Black Hills and the Adirondacks) इस प्रकार के विशाल पर्वत समूहों के उदाहरण हैं। ब्लैक हिल्स के आस पास अनेक छोटे समूह हैं तथा पश्चिम (संयुक्त राज्य) में अनेक अथवा स्थानों



Fig 427

Section of the western Jura Mountains

पर ऐसे समूह हैं। यूटाह (Utah) के हैनरी पर्वत (चित्र ४०२ तथा ४०४) इस सामान्य प्रकार के प्रसिद्ध उदाहरण हैं। इस प्रकार के पर्वत रेखा की आकृति के हो सकते हैं तथा वे पर्वत समूह न बनाकर एक पर्वत श्रेणी बना सकते हैं। कलीफोर्निया का सियरानोवादा पर्वत इसका उदाहरण है यद्यपि उसका पूर्वी ढाल बगल भ्रंश (fault scarp) है (चित्र ४३२)।

मुड़ाव जनित पर्वत (Mountains produced by folding)—चित्र ४२७ एक और भी अथवा प्रकार की पर्वत रचना का द्योतक है जिसका उदाहरण जूरा पर्वत

(Jura Mts) के नया चित्र ४२८ एवं ४२९ जो वग की विभिन्न शाखाओं के दान हैं। जूरा पर्वत, जैसे कि वे अब हैं प्राग्मन में मुड़ाव द्वारा उत्पन्न एक पुराने



Fig 428

Section across the Shortenkopf, Bavarian Alps (Frass)

पिछे हुए पर्वत तंत्र (mountain system) के ऊपर को दूना (upwelling— बिना किसी नए मोड़) के परिणाम है। दूसरे शब्दों में, पर्वतों पर्वतों की माउंटान



Fig 429

Appalachian structure (Rogers)

रचना (folded structure) जहाँ वनस्पति ऊपर जा रही है। वर्तमान पर्वतों के बिना हम उन्हें नमोबद्धित संरचना (up-warped structure) पर अपनाए के परिणाम हैं।



Fig 430

Diagram suggesting the type of structure possessed by the simple folding of strata. The diagram shows the folded surface worn down

हम जानें कि पर्वतों का वर्तमान स्वरूप है कि उन पर्वतों में वर्तमान स्थिति (topography) जिनके मध्यम स्तर (component strata—पर्वतों के घटक) मुड़े हुए हैं। मध्यम जलमयता में मुड़ाव द्वारा उत्पन्न नहीं हुए हैं। वास्तव में यह हम प्रकार में वर्तमान कुट्टी ही बताया में उत्पन्न हुए हैं। मुड़ाव ने निम्नलिखित बटका का उत्पत्ति की सम्भवतः जति उंची बटका की जमा कि अपवर्धित पर्वतों की जलमयता में हुआ है। हम प्रकार में उत्पन्न पर्वत पुराने अपवर्धन (erosion) द्वारा निर्वाह पर तब तक। बाद में मुड़ी हुई बटका का नीचे जमा हुआ प्रान्त (planed down region) जहाँ पाय-मंडोम की जलमयता ऊपर का अनुप के जाकर में उठ

गया कि तु उमका यह जाकार बचल एक इकाई के रूप में हुआ और उमम फिर कोई नया मुड़ाव पैदा नहीं हुआ। वर्तमान पर्वत शिखर (present mountain crests) अपक्षान्तरित बठौर पर्वतों के अवशेष हैं जो बाद वाले उठाव (uplift) में होने वाले अपक्षरण द्वारा जलम कर दिए गए हैं (चित्र ४३१)। अब यह विदित है



Fig 431

The same as Fig 430 after upwarp and subsequent erosion the hard lateral way,

कि मुटी हुई रचना के अनक अय पर्वतों का भी यही इतिहास रहा है। मुड़ाव (बला) द्वारा उत्पन्न अधिकतम पर्वत अपक्षरण द्वारा विस्तृत रूप में परिवर्तित हुए हैं जैसा कि साथ में दिए गए चित्रों में प्रकट है।

भ्रंश (फ़टन) द्वारा उत्पन्न पर्वत (Mountains produced by faulting)—चित्र ४३२ और ४३३ अय प्रकार की पर्वत संरचना (structure) के



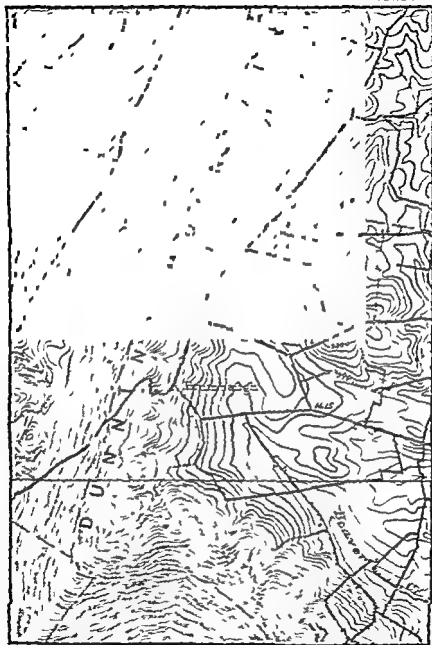
Fig 432

Ranges of the Great Basin Length of section, 260 kilometres (Gilbert) जाना जाता है। इस पर्वतों को कभी-कभी ब्लॉक पर्वत (block mountains—घुत्थित पर्वत) कहते हैं क्योंकि भूपटल के विशाल खण्ड, जिनके किनारे स्पष्ट भ्रंश

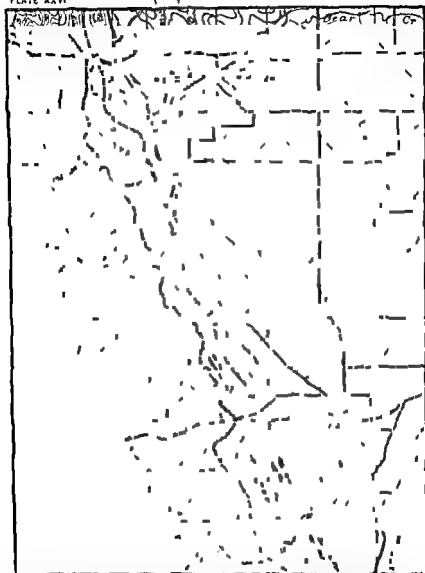


Fig 433

Section across the Vosges and Black Forest mountains (Penck From Geikie's Earth Sculpture by permission of G. P. Putnam's Sons) (faulted) तला में घिरे हुए हैं, इस प्रकार से मुड़ाव यह कि कम से कम उनका एक छोर अपने पास पड़ाने से पर्याप्त ऊँचा उठ गया है। ऐसी अनेक परिस्थितियाँ



Dunning Mountain Pennsylvania a good example of a mountain ridge due to the superior hardness (resistance) of a tilted layer of rock the outcrop of which was left as a ridge after the less resistant surroundings were worn away Scale 1-mile per inch Contour interval 20 feet (Everett Sheet, U S Geol Surv)



An area southwest of Denver showing a mountain ridge dissected by erosion. The outcropping hard layer appears in the form of a series of short ridges or hog backs. (Compare Pl XXV.) Scale 2-miles per inch. Contour interval 50 feet. (Denver Colo Sheet U S Geol Surv.)

पर्वता के पूर्वी भाग शुष्क अथवा अर्द्ध शुष्क है (चित्र ४३४)। यही कारण है कि वे भाग कम आबाद हैं। नेवादा राज्य में ज़िम्मा क्षेत्रफल ओहियो एवं इलीनॉय्स दाना



Fig 434

Rainfall of the United States (U S Weather Bureau)

के सम्मिलित क्षेत्रफल से भी पर्याप्त अधिक है, दाना (ओहियो और इलीनॉय) की अपेक्षा जनसंख्या एक प्रतिशत कम है। नेवादा की शुष्क जलवायु ही इस अंतर का मुख्य कारण है।

यद्यपि पर्वत, प्रतिवात (iceward) की ओर के प्रदेश का शुष्क बनाने हैं तथापि उनमें से अनेक इन प्रदेशों की सिंचाई के लिए जल प्रदान करते हैं, क्योंकि पर्वता पर जो जल बरसता है वह उन्हीं प्रदेशों में होकर जाता है, जिसको उनके स्वाभाविक भाग में बदलकर नालियाँ द्वारा खेता तक पहुँचाया जा सकता है।

सिंचाई के प्रयोग के लिए जल को एकत्रित करने का काम संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग में भलीभाँति किया गया है तथा इस ओर आगे भी विस्तृत कार्यों के लिए योजना बनायी गयी है। किंतु पश्चिम के शुष्क प्रदेश की केवल कुछ ही भूमि की सिंचाई की जा सकती है क्योंकि मिलने वाले जल की मात्रा पर्याप्त नहीं है और उम जल से आवश्यकता रखने वाले कवल थोड़े ही भाग को जल प्राप्त हो सकता है।

पर्वता का प्रभाव अपने पास पड़ोस के तापमान, पवन, बादल आदि पर पर्याप्त होता है यद्यपि मनुष्य के लिए अवक्षेपण (precipitation) पर पड़ने वाले उनके प्रभाव की अपेक्षा यह प्रभाव कम महत्वपूर्ण होता है।

पर्वत परिवहन में बाधक होते हैं (Mountains are barriers to transportation)—यह सत्य है कि अब रेलमार्ग और सड़कें पर्वत श्रेणियों को पार कर जाती हैं, किंतु उनके निर्माण का व्यय तथा उनके बन जाने पर उनका कार्य के योग्य



Used by permission
of the State

(Copy)

वनाय रमन का व्यय मैदान पर बनी सड़का की अपक्षा अत्यधिक होता है। भारत के रेलमार्गों के अध्ययन से पता चलता है कि उत्तर के मैदानी भाग में रेलों का जाल-भा बिछा हुआ है किन्तु दक्षिण के पहाड़ी भाग में रेलमार्ग उत्तरी भाग की अपक्षा पर्याप्त कम हैं। संयुक्त राज्य अमेरीका का रेल मण्डप मानचित्र (rail road map) यह स्पष्ट संकेत देता है कि उसके मध्यवर्ती भाग की तुलना में पश्चिमी और पूर्वी पर्वतीय प्रदेशों में रेलों और सड़कों बहुत ही कम हैं। इन सब बातों के हाने हुए भी आधुनिक काल में पूर्व काल की अपक्षा पर्वत मानव के लिए कम बाधा उपस्थित करते हैं।

जानवरों तथा पौधों के लिए पर्वत प्रभावशाली बाधक हैं (Mountains are effective barriers to animals and plants)—मानव की अपक्षा अधिराज्य पशुओं के पास पर्वतों को पार कर सकने के लिए न तो साधन होते हैं और न वे साधनों का निर्माण ही कर सकते हैं, अतः उनमें से अनेक पशुओं के लिए उच्च पर्वत प्रभावपूर्ण अवरोधक होते हैं। उच्च स्थानों की जलवायु इस प्रकार की होती है कि कुछ पौधों का एक ओर से दूसरी ओर की विस्तार होना तब तक संभव जाता है जब तक कि मानव इस क्रिया में अपना सहयोग न दे।

पर्वतों में खनिज पदार्थ मिलते हैं (Mountains contain ores of various metals)—इन तथ्यों की ओर पहचान ही सकने किया जा चुका है कि अनेक पर्वतों में खानों की खुदाई एक सर्वाधिक महत्वपूर्ण व्यवसाय है। यहाँ पर यह कहना उचित होगा कि संयुक्त राज्य के मोन और चादी का सबसे अधिक भाग तथा तांबे का पर्याप्त भाग पश्चिम के पहाड़ों से ही आता है। उन्हीं स्थानों में ही शीशा तथा जस्ता का भी अधिकांश भाग मिलता है, पर पृथक् निकाले नहीं जाते हैं। दूसरी ओर लोहा तथा कोयला, जो दो सर्वाधिक महत्वपूर्ण खनिज हैं, प्रमुखतः पर्वतीय प्रदेशों में प्राप्त अवश्य नहीं होते, फिर भी कुछ लाहो तथा बहुत सा बायला संयुक्त राज्य के पूर्वी तथा पश्चिमी पर्वतों में खोदा जाता है।

पर्वतों में कृषि (Agriculture in mountains)—अनेक पर्वतीय घाटियाँ उपजाऊ होती हैं, तथा उनमें से अनेक में खेती होती है। कोलारेडो में (जो एक पहाड़ी राज्य है) सन् १९१४ में ५,२६,००,००० डालर से अधिक मूल्य के खनिज पदार्थ निकाले गये थे। यह मूल्य लगभग उतना ही था जितना कि उसी राज्य में सन् १९१० में कृषि के उत्पादन का था। इस प्रकार कृषि कार्य में लायी गयी भूमि का एक उल्लेखनीय भाग पर्वतों की घाटियों में भी स्थित है।

प्राकृतिक दृश्य सम्बन्धी प्रभाव (Scenic effects)—आधुनिक दृष्टिकोण से पर्वतों का मन्थन एक अलग महत्त्व है जो अकेले में नहीं जाया जा सकता है। यह महत्त्व उनसे (पर्वतों से) प्राप्त होने वाले प्राकृतिक सौन्दर्य में निहित है। जिस मनुष्य ने पर्वत नहीं देखे हैं और उनके साथ इतना पर्याप्त समय तक नहीं रहा है कि वास्तविक रूप में उनसे परिचित हो जाय, तो कहा जा सकता है कि वह जीवन की अच्छी वस्तुओं में से एक से वंचित रह गया है। यूयाक, फ्लिडेलफिया और

वनाय रस्स का व्यय मैदान पर वनी सड़का की अपक्षा अत्यधिर हाता ह । भारत के रेलमार्गों के अध्ययन से पता चलता ह कि उत्तर के मैदानी भाग म रेल का जाल सा बिछा हुआ ह मितु दक्षिण के पहाडी भाग मे रेलमार्ग उत्तरी भाग की अपक्षा पर्याप्त कम है । समुक्त राज्य अमरीका का रेल मडक मानचित्र (rail road map) यह स्पष्ट मकत देता ह कि उसके मध्यवर्ती भाग की तुलना म पश्चिमी और पूर्वी पर्वतीय प्रदेशो म रने और सडके बहुत ही कम ह । इन मय घाता के होने हुए भी जायुनिक काल म पूव काल की अपक्षा पर्वत मानव क लिए कम बाधा उपस्थित करत ह ।

जानवरों तथा पौधों के लिए पर्वत प्रभावशाली बाधक है (Mountains are effective barriers to animals and plants)—मानव की अपक्षा अधिकांश पशुजा के पास पर्वता को पार कर सकने के लिए न तो साधन हात है और न व साधनों का निमाण ही कर सकने ह, अतः उनसे अनेक पशुजा के लिए उच्च पर्वत प्रभावपूर्ण अवरोधक होत है । उच्च म्याना की जलवायु इस प्रकार की होती है कि कुछ पौधा का एक ओर म दूसरी ओर को विस्तार होना तब तक संभव जाता ह जब तक कि मानव इस क्रिया म अपना सहयोग न रे ।

पर्वतो मे खनिज पदार्थ मिलते हैं (Mountains contain ores of various metals)—इस तथ्य की ओर पहल ही सकन किया जा चुका है कि अनेक पर्वता म तामा की खुदाई एन सर्वाधिक महत्वपूर्ण व्यवसाय है । यहा पर यह कहना उचित होगा कि समुक्त राज्य के माने और चादी का सबसे अधिक भाग तथा तांब का पर्याप्त भाग पश्चिम क पहाडा मे ही आता है । उही खाना मे ही शीशा तथा जस्ता का भी अधिकांश भाग मिलता है, पर पृणत निकाले नहीं जाते ह । दूसरी ओर लाहा तथा कायला, जा दो सर्वाधिक महत्वपूर्ण खनिज है, प्रमुखतः पर्वतीय प्रदेशो स प्राप्त अवश्य नहीं होत, फिर भी कुछ लाहा तथा बहुत सा कायला समुक्त राज्य के पूर्वी तथा पश्चिमी पर्वता मे खोदा जाता है ।

पर्वतो मे कृषि (Agriculture in mountains)—अनेक पर्वतीय घाटिया उपजाऊ होती ह, तथा उनमे मे अनेक म खेती होती है । कोलोरेडा म (जा एक पहाडी राज्य है) सन १९१४ मे ५,२६,००,००० डालर मे अधिक मूल्य के खनिज पदार्थ निकाले गये थे । यह मूल्य लगभग उतना ही था जितना कि उभी राज्य म सन् १९१० म कृषि के उत्पादन का था । इस प्रकार कृषि कार्य म लायी गया भूमि का एक उल्लेखनीय भाग पर्वता की घाटिया मे भी स्थित है ।

प्राकृतिक दृश्य सम्बन्धी प्रभाव (Scenic effects)—आर्बिक दृष्टिकान मे पर पर्वता का भवथा एक जलग महत्व ह जा अका मे नहीं आका जा सकता है । यह महत्व उनसे (पर्वता से) प्राप्त होने वाले प्राकृतिक भौदय मे निहित है । जिस मनुष्य न पर्वत नहीं देखे है और उनके माय इतने पर्याप्त समय तक नहीं गहा है कि चाम्त्विक रूप मे उनसे परिचित हो जाय, ता कहा जा सकता है कि वह जीवा की अच्छी वस्तुओं मे से एक से वचित रह गया है । न्यूयाक, पिनेडलफिया और

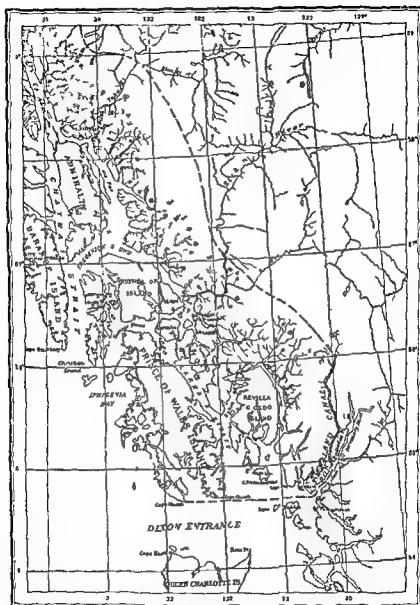


Fig 436

Map of part of the coast of southern Alaska, showing islands which were once a part of the mainland isolated by glacial and wave erosion, and by sinking

तटा पर है, ऊँचे है, तथा अ य, जैसे कि वे जा न्यूयार्क के दक्षिण समुक्त राज्य के पूर्वी किनारा पर है, नीचे है।

बुछ खाडिया (bays), कुक्षिया (gulfs), फियोर्डों आदि में जल गहरा है



Fig 437

Portion of the coast of Texas, showing the tendency of shore deposition to simplify the coast line. The deposits (narrow necks of land parallel to the coast) shut in bays (Coast and Geodetic Survey)

(contrast) की अपक्षा विशान है।

उत्तरी महाद्वीपा की बड़ी विपमताएँ उनके दक्षिणी भागों की अपक्षा उनके उत्तरी भागों में विशेष रूप से अधिक उड़ी नहीं है। जहाँ तक इस प्रकार की विपमताओं का सम्बन्ध है दक्षिणी एशिया एवं यूरोप की तट-रेखाएँ उतनी ही विपम हैं जितनी कि इन महाद्वीपों के अय भागों का तट रेखाएँ हैं। परन्तु उत्तरी यूरोप की बहु विपमताएँ और विशेषकर उत्तरी-पश्चिमी यूरोप की दक्षिणी यूरोप की अपक्षा अधिक स्पष्ट हैं। साधारणतया उत्तरी अमेरिका के विषय में भी यही सत्य है। यद्यपि इस महाद्वीप के उत्तर तथा दक्षिण दोनों ही ओर बड़ी तथा छोटी विपमताएँ हैं तथापि निम्न अक्षांशों की अपक्षा इनके उच्च अक्षांशों में छोटी विपमताएँ पर्याप्त बड़ी मर्याद में हैं।

तथा अय में उबना है, और जहाँ की गहराई क्षेत्रफल से स्पष्टतः स्वतंत्र है। उदाहरण के लिए, मैक्सिको एवं कैलीफोर्निया की खाडिया में, भूमध्य सागर तथा अरब सागर में, एवं अनेक फियोर्डों आदि में जल गहरा है, किन्तु ग्राटिक सागर, हडसन की खाडी तथा कारपेण्टरिया की खाडी में जल उथला है।

विभिन्न प्रकार की विपमताओं का वितरण (Distribution of various types of irregularities) — महाद्वीपों की सीमाएँ दिखाने वाले मानचित्रों से यह ज्ञान होना है कि महान विपमताएँ लघु विपमताओं की अपक्षा कम असमानता में वितरित हैं। यद्यपि दक्षिणी महाद्वीपों की तुलना में उत्तरी महाद्वीपों में दीर्घ एवं लघु, दाना ही, विपमताएँ अधिक मर्याद में हैं, तथापि उत्तरी एवं दक्षिणी महाद्वीपों की लघु विपमताओं के बीच का व्यतिरेक (अंतर) उनकी उड़ी विपमताओं के मध्य के व्यतिरेक

उत्तरी अमरीका के दक्षिणी भाग में छोटी विषमताएँ अधिकतर नीची हैं जबकि उत्तरी भाग की जो विषमताएँ का ऊपरी विस्तार (vertical range) अधिक है। दक्षिणी विषमताएँ अधिकतर तट की प्रवृत्ति के साथ समानांतर हैं, किन्तु उत्तर की अधिकतर विषमताएँ तट के साथ समकोण बनानी हैं।

तट की विषमताएँ महाद्वीपीय निम्न तट (continental shelf) की चौड़ाई में भी कुछ सम्प्रत्यक्ष रहती हैं। सामान्यतः तट की छोटी विषमताएँ वहाँ पर अधिक होती हैं जहाँ पर महाद्वीपीय निम्न-तट सँकरा भागों की अपेक्षा चौड़ा होता है। सामान्यतः उच्च तट नीचे तटों की अपेक्षा बाहरी रेखा में अधिक विषम होते हैं, यद्यपि इस सामान्य नियम के अनेक अपवाद भी हैं।

महाद्वीपों के अनेक तटों के समीप के द्वीपों की भी तटीय विषमताएँ का ही एक समानता का प्रतिफल हैं, जैसा कि हम बाद में देखेंगे, तटों के समीप के अनेक द्वीपों की मुख्य भूमि के भाग हैं। अलास्का (चित्र ४३६), चिली, स्पेन, मेक्सिको, आदि के तटों के समीप के अधिकतर द्वीपों की वास्तविकता के हैं।

इन समस्त अनगिनत एवं विभिन्न विषमताओं की व्याख्या आवश्यक है, तथा हमारे अंतः के अध्ययन में हमें वह आवश्यक सामग्री प्रदान की है जो हमें यह समझाती है कि कुछ तटों का समानता का अर्थ विषमता है, कुछ तटों के नीचे समानता का अर्थ नीचे क्या है कुछ तटों के ऊपर तेज तथा दूसरों के कम क्यों हैं। उनसे हमें समुद्र में अनेक के अंतर्गत और अनेक प्रत्येक तथा अनेक में अनेक के छोटे एवं बड़े प्रत्येक की उत्पत्ति का कारण में कुछ प्राप्ति (conception) का विचार करने में आसानी मिलती है।

क्रम स्थापन के कारक (Agents of gradation)—पूरा के अन्वेषण में हम तटों की क्षैतिज समाकृति (horizontal configuration) का ऊपर क्रम स्थापन (प्रणालीकरण) का कारण द्वारा उत्पन्न परिणामों का दायर चुनते हैं। हम देख चुके हैं कि तटों की अनेक समस्याएँ होती हैं तथा तटों के अनेक कारणों द्वारा उत्पन्न होती हैं और अनेक कारणों द्वारा उत्पन्न होती हैं तथा तटों के अनेक कारणों द्वारा उत्पन्न होती हैं। हम यह भी देख चुके हैं कि इस प्रकार में विभिन्न विषमताएँ अपेक्षाकृत कम हैं। इस प्रकार में विभिन्न अन्तरीय आदि इस अर्थ की उत्पत्ति के अनुसार उच्च जलवा नीचे हो सकते हैं जिसमें कि उत्पन्न होते हैं। तटों का अध्ययन द्वारा विभिन्न अर्थ के अनेक प्रवृत्ति भाग (centrants) सर्वत्र उत्पन्न होते हैं।

हम यह भी देख चुके हैं कि तटों के साथ-साथ किया गया निक्षेप भी विषमताओं का विरहित होता है। यह निक्षेपण विक्षेपण तथा का दिशा का कुछ कुछ समानांतरता का प्रतिफल है। इस प्रकार की विषमताएँ तट-रेखा का अन्तिम सामान्यीकरण (simplification) की दिशा में एक प्रयास है (चित्र ४३७)। तट निक्षेप द्वारा विरहित भूमि सर्वत्र नीची होती है, जैसा कि वहाँ द्वारा छोड़ दी जाती है, और उनके पीछे बड़े जल (lagoons) उत्पन्न होते हैं।

हमन यह भी देखा है कि समुद्र की ओर उत्तरम वाली हिमनदिया गहरी घाटिया खोद सकती है जो कि हिम के पिघल जाने पर फियोड बन जाती है। हिम नदीय अपक्षरण अथवा प्रकार से भी तट-रेखा को आपरिवर्तित कर सकता है, यह क्रिया अपक्षरण एवं निक्षेपण दोनों ही के द्वारा हो सकती है। हिमाच्छादन, जो अब की अपक्षा पहले कभी अति विस्तृत था, इस तथ्य का यदि पूर्ण स्पष्टीकरण नहीं कर सकता तो उसके कुछ अंश का स्पष्टीकरण तो अवश्य ही करता है कि उच्च अक्षांशों में ही अनेक फियोड्स क्यों हैं। तल का नीचे का घँसाव (subsidence) जिसे हम अबनसन भी कह सकते हैं, उनके विकास में एक कारक हो सकता है।

नदिया अपने मुहाना पर डेल्टाओं के निर्माण द्वारा तट रेखा का विपम बनाती है किन्तु अपने अपक्षरण काय द्वारा वे तट-रेखाओं को क्षैतिज रूप में विपम बनाने में असमर्थ रहती हैं। दूसरी ओर, वे उच्च तट-भूमि को उनके भीतर घाटिया के विकास द्वारा ऊँचाई के रूप में विपम बनाती हैं।

तटों की क्षैतिज बनावट के ऊपर पवन का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है, किन्तु त्रुभा टिब्बा (sand dunes) के एकत्रीकरण (piling) द्वारा पवन कुछ सीमा तक तट भूमि की उदभृति (relief) को प्रभावित करते हैं।

इस सम्बन्धित विवेचना में यह स्पष्ट है कि क्रम स्थापन (gradation—श्रेणीकरण) के कारक (agents) तट की अनेक विपमताओं का उत्पन्न करने में समर्थ होते हैं, इन विपमताओं में छोटे आकार की विपमताएँ मुख्य होती हैं।

पटल विरूपण (Diastrophism)—यदि महासागर का नितल कुछ नीचे दब जाए और द्राणिमों (basins) की ग्रहणशक्ति बढ़ जाए, तो महाद्वीपों के किनारों से जल नीचे की ओर को रिसक जाएगा और समस्त तट-रेखाएँ समुद्र की ओर विसर्जित जाएँगी। ऐसी तटों पर, जैसा कि संयुक्त राज्य का पूर्वी भाग है, महाद्वीपों की सीमा आज की अपक्षा उल्लेखनीय रूप से अधिक सम (regular) हो जाएगी, क्योंकि महाद्वीपीय निम्न तट की स्थलाकृति (the topography of the continental shelf), जो अब जलमग्न है, तबतक समस्त है। कुछ तटों की, जो अपक्षाकृत सम हैं समता का कारण उनका हाल का जल में से उठाव (recent emergence) ही है।

इसके विपरीत, यदि महाद्वीपों के किनारे दब जाएँ तो तट रेखाएँ आज की अपक्षा सामान्यतः कुछ अधिक विपम हो जाएँगी, क्योंकि स्थल के दब जाने से समुद्र का जल घाटियों के भीतर भर जाएगा और वहाँ पर भी खाडियों का विकसित कर देगा जहाँ अभी तक कोई खाटी नहीं है, और जो खाडिया विद्यमान हैं उनको अधिक विस्तृत बना देगा।

संयुक्त राज्य के दक्षिण और कॅरोलीना के बीच के तट के समान कुछ कटे-फटे तट (indented coasts) की अनेक खाटियों का कारण भूमि का हाल ही में नीचे बैठना (recent subsidence) ही है। जहाँ पर नदी घाटिया तट के साथ सामान्य रूप में (normal) हैं, जैसा कि मासाचुसेट्स होता है वहाँ पर खाटिया भी तट के साथ सामान्य रूप में हैं।

दूसरी बात यह है कि महाद्वीपों के तटों पर किसी डूबे हुए भूखण्ड (submerged tract) के पर्याप्त उभार के कारण प्रायद्वीपों की उत्पत्ति हो सकती है। ये प्रायद्वीप तट के साथ सामान्य रूप में हो सकते हैं, जगभर उनके समानान्तर हो सकते हैं, अथवा दोनो के बीच किसी कोण पर हो सकते हैं। एक उमी रूप का नीचे की ओर बाला उठाव किसी खाड़ी जगवा कप्पि (gulf) को विकसित करेगा और सम्भवतः अनेक बड़ी खाटिया तथा कप्पिया इसी प्रकार से ही उत्पन्न हुई हैं। उभरा एवं दबा हुआ क्षेत्र उठने (warped) के स्थान में भ्रंशित (faulted) भी हो सकता है, जहाँ जहाँ तट की धौनिकता बनावट का सम्बन्ध है, उसके परिणाम सम्बन्धन (warping) के ही समान होंगे।

ज्वालामुखी क्रिया (Vulcanism)—ज्वालामुखी, स्थानीय रूप में, तट-रम्भाओं को प्रभावित करते हैं, किन्तु उनका प्रभाव श्रेणीकरण (gradation—कम स्थापन) तथा पटन विरूपण (diastrophism) की तुलना में अपभ्राजित हुनका है। ज्वालामुखी की क्रिया, मुख्य भूमि के तटों में आपरिवर्तन (modifications) उत्पन्न करने की अपेक्षा तट के समीप द्वीपों का निर्माण अधिक सामान्य करती हैं। अनेक ज्वालामुखी चट्टानें (igneous rocks) तलछटी या परतदार चट्टानों (sedimentary rocks) की अपेक्षा अधिक मजबूत होती हैं जो वे अपभ्रंश (erosion) द्वारा विकसित तट-रेखाओं की आकृतियों का प्रभावित करती हैं।

प्रयुक्ति (Application)

तट-रम्भाओं के विषय में उपर्युक्त सिद्धान्तों की प्रयुक्ति करने में तटों में से अनेक तटों की प्रमुख आकृतियों का समझा जा सकता है। जहाँ पर तट-रेखा के साथ अनेक छोटी खाटियाँ हैं जो तट की सामान्य स्थिति के साथ स्थान में जगभर समकोण बनाती हुई मानव का घुम गयी हैं, वहाँ कुछ विश्वास के साथ यह परिणाम निकाला जा सकता है कि वह प्रदेश या तो अभी हाल ही में नीचे डूबा है और उसने नदियों के निचले किनारे उठ गये हैं अथवा यह कि वह हाल के ही समय में हिम से ढका गया है जिससे खाटियों के निचले भाग फियोटम बन गये हैं। यहाँ पर यह स्पष्ट कर देना भी आवश्यक है कि अवतलन (subsidence—तट के नीचे बैठन की क्रिया) हिमच्छादन (glaciation) के साथ और पीछे कभी भी हो सकता है। यदि सम्भवित क्षेत्र निम्न अज्ञात में है तो प्रथम व्याख्या के सही होने की अधिक सम्भावना होती है और यदि वह उच्च अज्ञात में है और उसकी ऊँचाई भी अधिक है तो कटाव (indentations) का सम्भावित कारण हिमच्छादन ही होता है।

समुद्र तटों के पूर्वोक्त तट पर चैसापीक (Chesapeake) की खाड़ी तथा उसकी सहायक अनेक खाटियाँ, डेलावर की खाड़ी (Bay of Delaware) तथा उसी प्रकार की अन्य खाटियाँ स्थल के हाल के ही अवतलन (subsidence) की ओर स्पष्ट सूचित करती हैं। उत्तर की ओर मेन (Maine) के तट का कटाव-पटा भाग सम्भवतः अवतलन के ही कारण अज्ञात समझाया जा सकता है यद्यपि मुख्यतः वह हिमनदी के अपभ्रंश काय में बना है क्योंकि महाद्वीपीय हिमनदी की

हिम इसी तट के ऊपर होकर समुद्र की ओर गयी थी। ऐसे तटों के फियोर्ड्स (fjords), जैसे अल्तास्का, चित्सी, स्वीडनेविघा एवं स्वाटनैण्ड, मुख्यतया हिम के अपक्षरण काय के ही परिणाम हैं, यद्यपि यह हो सकता है कि अवतलन ने जनक कटावों को गहरा एवं विस्तृत कर दिया हो।

जहाँ पर निचली भूमि (low land) की लम्बी एवं सँकरी पटिया तट की सामान्य दिशा के साथ लगभग समानांतर हैं, वहाँ पर नहरा एवं तटीय धाराओं द्वारा निक्षेपण (deposition) का अनुमान किया जा सकता है। इसके उदाहरण यूयाक और टैक्सस के बीच तट के अनेक भागों द्वारा मिलते हैं।

जहाँ पर बाहरी तट रूखा में बड़े विपन्नताएँ हैं जैसे, मैक्सिको की खाड़ी, कैलीफोर्निया की खाड़ी, एडियाटिक सागर बंगाल की खाड़ी, अरब सागर, आइबीरिया प्रायद्वीप टटली, मार्ग, कमनवेल्थ ऑफ़ कैलीफोर्निया के प्रायद्वीप, यूकटन पनार्डिडा आदि, वहाँ पर सम्भवतः पटल विरूपण (diastrophism) प्रमुख सम्भावित कारण रहा है।

पटल विरूपण द्वारा उत्पन्न तट की मार्गे विपन्नताएँ उठे आकार की नहीं हैं। पज़ट साउण्ड (Puget Sound) यद्यपि बड़ी है, किन्तु वह उपर्युक्त अधिकांश विपन्नताओं की अपेक्षा बहुत छोटी है और यह विश्वास किया जाता है कि उसकी उत्पत्ति निम्न समावनन (down warp) के कारण हुई है।

जहाँ पर तट ऊँचे हैं वहाँ पर पटल विरूपण ज़रा तरंग कटान (wave cutting) जैसा दोना की सम्भावना बनायी जाती है। स्पष्ट ढाल, चाहे वे ऊँचे न भी हों यही सुझाव देता है, जबकि बिना उत्थपार (cliffs) की नीची तटीय भूमि तट के निक्षेपण के क्षेत्रों की विशेषता है।

इस बात का मान लेना चाहिए कि तट रूखा स्थायी नहीं होती है और आज की तट रेखाएँ पूरन वही नहीं हैं जो कल की थीं या भविष्य में भी ऐसी ही बनी रहेंगी क्योंकि श्रेणीकरण (gradation) तथा पटल विरूपण (diastrophism) उनका निरन्तर परिवर्तित कर रहे हैं तथा समय समय पर ज्वालामुखी भी अपना प्रभाव दिखाय देती नहीं रहती।

ऐतिहासिक प्रभाव (Historical bearing)—तट रूखा का स्वरूप ने अनेक देशों के विकास पर महत्वपूर्ण प्रभाव डाला है। उत्तर पश्चिमी यूरोप तथा उत्तर पूर्वी संयुक्त राज्य के भागों में विपन्न तटों में बंदरगाहों की संख्या पर्याप्त है और इससे समुद्री व्यापार के विकास में सहायता मिलती है। इसके विपरीत, एक चित्रन एवं सम्राट के कारण समुद्री व्यापार में सदा कठिनाई पड़ती है और किन्हीं-किन्हीं परिस्थितियों में तट ने इस व्यापार को पूरन निरुसाहित कर दिया है। ऐसे तटों की हानियों का अनुभव विभिन्न मात्रा में संयुक्त राज्य के दक्षिण पूर्वी राज्य, पूर्वी मैक्सिको अधिकांश दक्षिणी अमेरिका, अफ्रीका तथा भारत आदि अनेक स्थानों में किया है।

अब कहीं भी किसी जाति ने किसी एसे बट पट तट पर अपना अधिनार

जमाया है, जिसमें कुछ दूरी पर द्वीप स्थित रहते हैं अथवा कोई द्वीप स्थित या और उसकी या उनकी भूमि उपजाऊ नहीं थी, तो वह जानि आरम्भ से ही अपनी जीविका के लिए मांग की ओर तावती रही है और उस जानि ने साहसिक मत्लाहों का जन्म दिया है, मत्लाहों की उत्पत्ति में जानि भेद अथवा योग्यता-भेद को कोई स्थान नहीं था। उदाहरण के लिए, दक्षिणी अमेरिका के इण्डियन नौवर्ग, उत्तरी पश्चिमी मैडागास्कर के बाले लोग तथा टनासिरम तट के मलाया लोग मुख्य हैं। उनके विपरीत, किसी प्राद्वर्गाहरहित तट में मत्स्य समुद्र यात्रा की प्रवृत्ति के विकास में बाधा डाली है।

द्वीप

(Islands)

जैसा कि पहले ही मन्तव्य किया गया है कि अनेक द्वीप वास्तव में तटीय आकृतियाँ हैं, जो उन्हीं कारणों तथा विधियों द्वारा विकसित हो रही हैं जिनसे द्वीप महाद्वीपीय तटों का क्षतिज निर्माण होता है।

जैसे प्राकृतिक आकृतियाँ व समान ही द्वीपों का वर्गीकरण भी विभिन्न प्रकार में किया जा सकता है और प्रत्येक वर्गीकरण कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्यों को सम्मुख लाता है। जैसे, आकार के आधार पर वे उँचे और छोटे हैं, ऊँचाई के आधार पर वे उँचे तथा नीचे हैं, स्थिति के आधार पर वे महाद्वीपीय और सागरीय हैं, एवं उन्नतता (उपजाऊपन) के आधार पर वे उपजाऊ तथा ऊँचे हैं। उपयुक्त समूहों के प्रत्येक की चरम स्थिति (extremes) के बीच के सभी श्रेणियों के हैं। विभाजन के जैसा तुलनात्मक जायाग का भी सुझाव दिया जा सकता है। प्राकृतिक भूवृत्ति के दृष्टिकोण से सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण वर्गीकरण उनकी उत्पत्ति पर आधारित है। द्वीपों की उत्पत्ति पटल विच्छेदन, ज्वालामुखीयता एवं श्रेणीकरण (क्रम-स्थापन) की विधियों द्वारा होती है, और यदि श्रेणीकरण से जीवा (organisms) के रूप का पित्राज दिया जाय तो जीविक क्रिया (organic action) को भी द्वीपों की उत्पत्ति का एक माना जा सकता है।

(१) पटल-विच्छेदन द्वारा (By disastrophism)—समुद्र तल के किसी स्थान या पथान उन्नत हो उस क्षेत्र में गहरा उठाव, किसी द्वीप की उत्पत्ति करता है यदि वह तबकी भूमि किसी महाद्वीप में सम्मिलित नहीं है। इसी प्रकार समुद्र का आगमन समुद्र के किनारे उभर हुआ घण्टा में जल में गहरा सिकल मचता है और इस प्रकार द्वीपों की उत्पत्ति कर सकता है। स्थूरा तथा पश्चिमी द्वीप समूहों में ये जैसे द्वीप उन्हीं नामों से जाने जाते हैं।

समुद्र तल का उठाव तटीय भूमि की ऊँचाई को पामपनेस की नीची भूमि में दूरतः द्वारा द्वीपों में बदल सकता है। दृढ़ उद्भूति (strong relief) की तटीय भूमि में दूर जागे भी यही परिणाम निकल सकता है। ग्रेट ब्रिटेन (Great Britain) भी प्रकार यूरोप को मुख्य भूमि में जलमग्न हो गया था। यदि यह द्वीप महाद्वीप में मिला हुआ ही रहा तो सम्भवतः यूरोप के इतिहास का एक ही बदल गया होता।

(२) ज्वालामुखीयता द्वारा (By vulcanism)—समुद्र के भीतर के अनेक ज्वालामुखिया ने अपने शकुओं का निर्माण इस प्रकार से किया है कि उनके शीप समुद्र से ऊपर उठ गये हैं। तट से दूर इस प्रकार के द्वीप अन्य प्रकारों की अपेक्षा अधिक सामान्य हैं। किन्तु ज्वालामुखीय द्वीप गहरे समुद्रों तक ही सीमित नहीं हैं।

(३) श्रेणोत्थरण द्वारा (By gradation)—द्वीपों की उत्पत्ति उठाव तथा धिमाव की दोनों ही क्रियाओं द्वारा होती है तथा दोनों ही क्रियाएँ विभिन्न कारकों द्वारा प्रभावित होती रहती हैं।

(अ) अपक्षरण द्वारा (By erosion)—तरंगों किसी तट का अपक्षरण इस प्रकार से कर सकती है कि वे स्कावट डालने वाली चट्टान के छोट क्षेत्रों को अलग अलग कर दे और व क्षेत्र द्वीपों का रूप धारण कर लें (चित्र ४३८)।

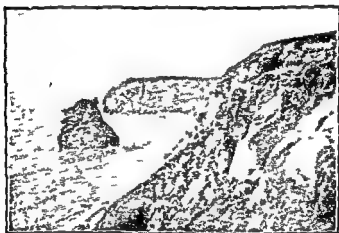


Fig 438

Finn Rock and Cape Blanco Oregon
(U S Geological Survey)

स्थल से समुद्र की ओर उतरती हुई हिमनदिया अपक्षरण द्वारा तटीय प्रांतुण (Promontories—उठे हुए भागों) को अलग अलग करके द्वीपों का निर्माण कर सकती हैं। यह सम्भव है कि हिमनदी रजित (glaciated coasts) तटों पर कुछ द्वीप इस प्रकार से उत्पन्न हुए हों।

कभी कभी द्वीप किसी नदी में धारा के अपक्षरण द्वारा भी बनते हैं (चित्र ४३९)। चट्टानों का मजदा (jointing—संज्ञान मिलान) कुछ इस प्रकार के द्वीपों के विकास के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ उत्पन्न कर देता है। जेम्स नदी (James River) के अपक्षरण कार्य ने जेम्स टाउन प्रायद्वीप को १७वीं शताब्दी के अंत में एक द्वीप में परिवर्तित कर दिया। यह एक ऐसा कार्य था जिसे उस उपनिवेश के निवासी सुरक्षा के विचार से पूरा करने के लिए योजना बनाये हुए थे। कभी कभी

नदी के भीतर, द्वीप, यानि मोड़-मेड़ों यानि (meandering) के द्वारा भी विकसित हो जाते हैं (चित्र १७४) ।

(ख) निक्षेपण द्वारा (By deposition)—समुद्र एवं चीना के किनारे के पास नया नदिया में तरल के निक्षेपण द्वारा भी द्वीप बन जाते हैं । ऐसे अधिकांश द्वीप कम ऊँचे और उलुई भूमि के होते हैं और सभी विसर्प जय स्थल के समीप होते हैं । जो विस्त्रियाँ उन्हें पैदा करती हैं, उनका भवन किया जा चुका है । उनमें से जिनमें बबुजा टीला में प्रभावित है । हिमनदी निक्षेप भी द्वीपों का निर्माण कर सकते हैं जैसा कि ग्राम्टन हावेंट में हुआ है । जिन द्वीपों के सबसे भीतरी भाग (cores) ठोस चट्टानों के होते हैं, उनके विस्तार का बड़ा निक्षेपण की विभिन्न क्रिया द्वारा हो सकता है ।

(४) पटल विस्फण, श्रेणीकरण और उलालाभुवीयता की क्रियाओं के संयोग द्वारा (By combinations of diastrophism gradation and vulcanism)—अन्य विद्यमान द्वीपों की उत्पत्ति एवं आकार उपर्युक्त कारणों में दो या अधिक के संयोग के परिणाम हैं । नदी एवं हिमनदी द्वारा अपभरण तट के समीप प्रायः ऐसे तलछटा का विकसित कर देता है जो विपन्न होते हैं और तट का तनिक अव-पतन (subsidence) अथवा वहाँ पर समुद्र-तल का उठाव (rise) द्वीपों को उत्पन्न



Fig 439

Lone Rock An island in the Wisconsin River isolated as an island by the notable widening of a series of joints in the sand stone (Afejers)

कर देता है क्योंकि वहाँ का स्तर पहल में ही उचित रूप से तयार कर लिया जाता है । हिमनदी मुक्त तटों पर अन्य द्वीप जैसे मैन (Maine) जलाम्का नावें आदि के द्वीप, परिभ्रमण (degradation) और पटल-विस्फण (diastrophism) के संयोग के कारण से बनते हैं ।

तटा पर विभिन्न क्रियाशील कारका के जय मयोग भी द्वीपा को उत्पन्न कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, कोई द्वीप जो आरम्भ में ज्वालामुखी द्वीप था, अपन आसपास तलछट व निक्षेपण द्वारा क्षेत्रफल में बढ़ सकता है। यह तलछट उस द्वीप के उच्चतर भाग से निम्नतर भागों को लाया जाता है। आइसलैण्ड इसका उदाहरण है।

द्वीपा की उत्पत्ति चाह जिस प्रकार से क्या न हुई हो, अधिकांश विद्यमान द्वीप यूनाधिक रूप में स्पष्टतः अपक्षरण द्वारा ही परिवर्तन में आये हैं।

द्वीपों के तट उन सभी परिवर्तनों में प्रभावित हुए हैं जो महाद्वीपों के तटों को प्रभावित करने हैं। एक ओर तो द्वीप, तरंगों द्वारा नष्ट होने की सम्भावना रखते हैं, दूसरी ओर वे महाद्वीपों में मिलकर अपना स्वरूप भी खो सकते हैं। इस प्रकार का मयोग पटल विरूपण अथवा श्रेणीकरण द्वारा उत्पन्न हो सकता है (पृष्ठ २२)



Fig 440

Diagram of a fringing reef



Fig 441

Diagram of a barrier reef

जैसे, कोई द्वीप निक्षेपण द्वारा मुख्य भूमि में जुड़ सकता है। मुख्य भूमि के साथ जुड़ जाने के बाद पहले वाला द्वीप तट की एक स्पष्ट विभक्तिका एक भाग बन जाता है।

(५) जीवज क्रियाओं द्वारा (By organic processes)—पृथ्वी के कुछ भागों में मूंग में निर्मित अनेक द्वीप हैं। छोटे छोटे जीव (polyps—मूंग के कीटाणु) जो मूंग का बनाते हैं वहाँ रहते हैं जहाँ (१) जल ३७ मीटर (१०० फुट) या इससे कम गहरा है (२) तापमान लगभग २०° सेल्सियस से कभी भी नीचे नहीं गिरता है, (३) जल का खारापन औसत समुद्र के जल के खारापन के बराबर है, (४) जल तलछट में प्रायः मुक्त है, तथा (५) जल पवन द्वारा कुछ हिलता है। सभी परिस्थितियों में कीटाणु विकसित होते हैं और वे मग की चट्टान (coral reef—प्रवाल श्रेणी) एक प्रवाल द्वीप का निर्माण करते हैं।

अपने जीवन के प्रारम्भिक भाग के अनिरुद्ध प्रवाल निर्माण आरम्भ करने से पूर्व मूंग के कीटाणु स्वतंत्र विचरण करने वाले जीव नहीं होते हैं। अपने जीवन के अधिकतर भाग में वे निरन्तर से चिपके ही रहते हैं। वे ज्वालामुखी से उत्पन्न अनेक द्वीपों के आसपास तथा कुछ महाद्वीपीय तटों के समीप बढ़ते हैं, जैसे आस्ट्रेलिया के पूर्वी तट के समीप। यदि पानी उम्ला हो और तापमान ठीक हो तो वे कुछ स्थानों में द्वीपों एवं महाद्वीपों से दूर भी अच्छी तरह से विकसित होते हैं।

चित्र ४४० तथा ४४१ में प्रवाल-श्रेणियाँ दिखायी गयी हैं। वे श्रेणियाँ जो स्थल से इतनी पर्याप्त दूरी पर हैं कि बीच में कुछ चौड़ा और गहरा अनूप (lagoon) छोड़ दें, अवरोधक दीवार (barrier reefs) कहलाती हैं, जो स्थल के



Fig 441

An atoll (From Dana's *Coral Islands* by permission of Dodd, Mead & Co)

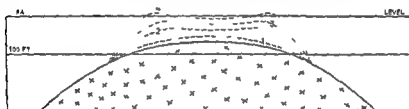


Fig 445

Coral island developed from a submerged volcano (or other rock)

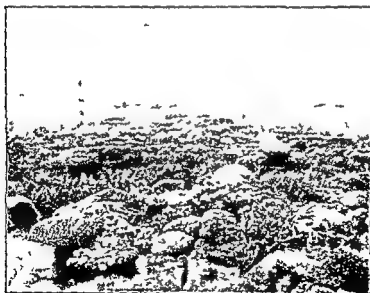


Fig 446

Coral growing

पार्थिव (भौमिक) चुम्बकत्व (TERRESTRIAL MAGNETISM)

पृथ्वी एक विशाल चुम्बक है और उस छोटे चुम्बक के समान जिनसे हम परिचित हैं, इसके भी दो ध्रुव होते हैं। इन ध्रुवों में से एक ध्रुव को उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव और दूसरे को दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव कहते हैं। सामान्यतया, चुम्बकीय अथवा कम्पास (दिक्सूचक) की सुई का एक सिरा इन ध्रुवों में से एक ध्रुव की ओर मकेत करता है और दूसरे सिरा दूसरे ध्रुव की ओर। यदि हम उस दिशा का जिसकी ओर कम्पास की सुई सन्त करती है, चलते चले जाएँ तो एक ओर हम उत्तरी ध्रुव तक और दूसरी ओर दक्षिणी ध्रुव तक पहुँच जाएँगे।

जहाँ तक ज्ञात है उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की स्थिति अक्षांश में 90° उ० अ० से कुछ ऊपर और देशान्तर में लगभग 26° पश्चिम देशान्तर पर है। कैप्टन अमुण्डसन (Captain Amundsen) का कथन है कि इस ध्रुव की "कोई तात्कालिक स्थिति (immediate situation) नहीं है", जिसका अर्थ सम्भवतः यह है कि ध्रुव काद निश्चित बिंदु नहीं है। दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव अक्षांश में $90^{\circ} 24'$ दक्षिण और देशान्तर में लगभग $155^{\circ} 16'$ पूर्व है। इस स्थिति का हिसाब उन दिशाओं में लगाया गया है जिनमें कम्पास की सुई ध्रुव के समीप विभिन्न स्थानों पर ध्रुव की लगाती है। इसका पता सबसे पहले शैकल्टन अभियान दल (Shackleton Expedition) के सदस्यों को (प्रोफेसर डेविड की अध्यक्षता में—under Prof David) जनवरी १९०६ में लगा था।

उपयुक्त वर्णन से यह ज्ञात हो जायगा कि चुम्बकीय ध्रुव भौगोलिक ध्रुव से बहुत दूर है और वे ठीक-ठीक एक दूसरे के सामने नहीं हैं। यह भी विश्वास किया जाता है कि उनकी स्थिति पूर्णतया स्थिर नहीं है, यद्यपि वे दूर तक घूमते हुए ज्ञात नहीं होत हैं। यह विचार किया जाता है कि उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव में १८३० ई. वाद ५०-६० वर्षों में अपनी स्थिति को लगभग ८० या ९० किलोमीटर (५० या ६० मील) बदला है, यद्यपि यह निश्चय सही ज्ञात नहीं जाता है।

चूँकि चुम्बकीय सुई का उत्तरी सिरा उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की ओर सकत करता है, अतः यह कहा जा सकता है कि कम्पास जिन स्थानों में वास्तविक उत्तर एवं दक्षिण की ओर सकत नहीं करता है। उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव से उत्तर की ओर के स्थानों पर सुई का "उत्तरी" सिरा एवं दक्षिणी दिशा की ओर सन्त करता है।

उपसर्ग विशेष के स्थानों पर वह विशेष उतरी दिशा की ओर झुक करती है, और पश्चिमी विस्तृत (स्थानों) पर पूर्व की ओर तथा पूर्वी विस्तृत पर पश्चिम की ओर झुक करती है। वास्तविक उत्तर और दक्षिण में मुड़ने का हटाव चुम्बकीय विक्रम (magnetic declination) कहलाता है। समान विक्रम के स्थानों को जोड़ने वाली रेखाओं को समान रेखाएँ (isogonic lines) कहते हैं। विना विक्रम (no declination) के स्थानों को जोड़ने वाली रेखा को अभिमत रेखा (agonic line) कहते हैं।

विषय ४७ में एक अभिमत रेखा मध्यम राज्य में दिखायी गयी है जो सुपीरियर झील में दक्षिणी करीबाना तक जाती है। इस रेखा पर चुम्बकीय मुड़ने का परिवर्तक

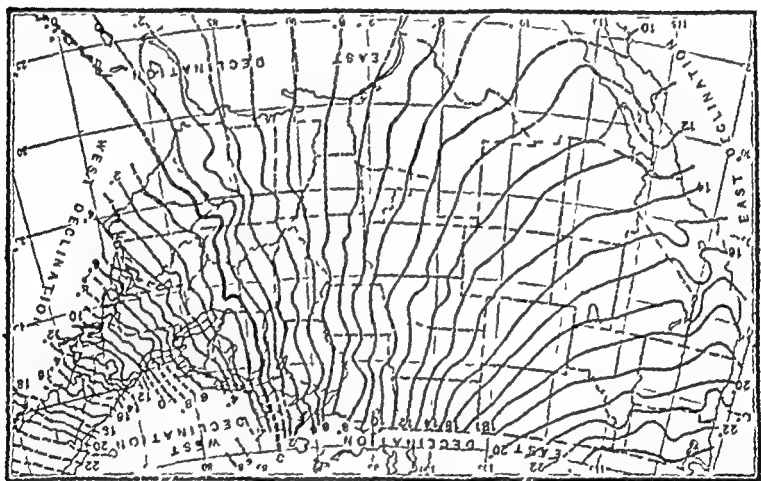


Fig. 447

Isogonic lines for the United States, 1902. The heavy line is an agonic line, or line of no declination.

उत्तर में दक्षिण की ओर मकर करती है । इस रेखा के समीप स्थित पश्चिमी दिक्पाल और पश्चिम के समीप स्थित दिक्पाल अलग अलग दिक्पाल रखते हैं । सामान्यतया अतिम रेखा (agonic line) में बदली हुई है कि संस्य दिक्पाल भी वह जाता है । जैसे, मेन (Maine) में अक्षिजम दिक्पाल २०° ५० में अक्षिज है तथा वर्जिमान्ट में २०° ५२ में अक्षिज है (विष ४४७) । फ़्लोरादा पर दिक्पाल लगभग २०° ५२ में, न्यूयार्क पर लगभग १०° पश्चिम, डेनवर (Denver) पर लगभग १३° ५२ में, तथा मीचिगन पर लगभग १८° ५२ में है कि यदि किसी स्थान पर दिक्पाल का विषय करने के लिए, कक्षा का प्रयोग करना है तो उस प्रश्न का समाधान दिक्पाल माना जाता है ।

[illegible]

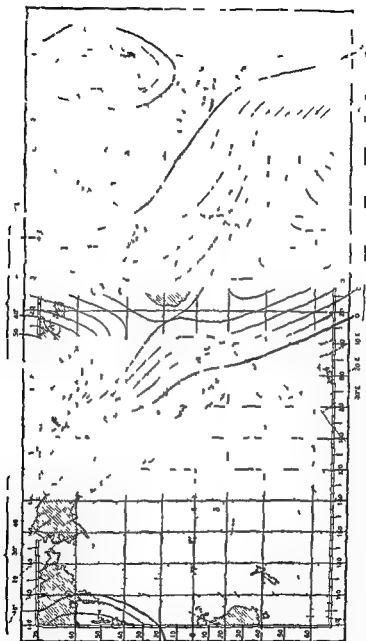


Fig 448
Lines of equal magnetic declination, 1905 (*British Admiralty*)

है, यद्यपि इसके किनारे बहुत स्पष्ट नहीं होते हैं। (४) सीस-रेखा (plumb line) की दिशा (पृथ्वी के क्षैतिज तल पर लम्बवत) पृथ्वी के तल पर एक स्थान से दूसरे स्थान पर बदल जाती है, और यह परिवर्तन एक ऐसे कोण द्वारा होता है जो बिन्दुओं के बीच की दूरी के साथ लगभग (किंतु पूर्णतया नहीं) पूर्णतः समानुपाती (proportional) होता है, चाहे वे बिन्दु कहीं भी क्या न हों। यदि दिशा का परिवर्तन दो बिन्दुओं के बीच की दूरी के साथ पूर्णतः समानुपाती होता, चाहे वे बिन्दु कहीं भी लिये जाएँ, तो पृथ्वी एक गोला हुई होती (चित्र ४४९)।

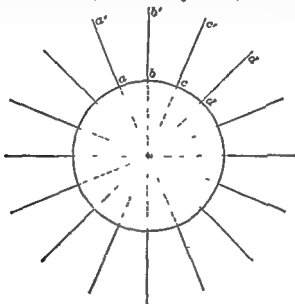


Fig 449

The circle represents the earth's circumference. The extensions of the radii represent the directions of the plumb lines at various positions. The distance from a to b is the same as that from b to c and c to d , and the change in the direction of the plumb line that is the angle between aa' and bb' is nearly the same as that between bb' and cc' , cc' and dd' , etc. This is true for all parts of the earth. Though the angles are nearly the same, they are not precisely the same.

यह तक एक दूसरे प्रकार से भी उपस्थित किया जा सकता है। मितार (stars) पृथ्वी से बहुत दूर हैं। जब कोई व्यक्ति पृथ्वी के तल पर यात्रा करता है और यह यात्रा चाहे जहाँ से आरम्भ हो और चाहे जिस दिशा में ही क्या न की जाए तो सितारों की प्रत्यक्ष दिशाओं में परिवर्तन होता है और परिवर्तन का माप यात्रा की दूरी के साथ प्रायः पूर्णतः समानुपाती ही होता है। ऐसा मान जाना है

[illegible][illegible][illegible]

॥५॥

(Motions)

[illegible][illegible]

Hakluyt Soc. Publ., *History of Columbus's Third Voyage*, Vol. II, p. 129.

See Moulton's Introduction to Astronomy, pp. 114-24.

है तो वह जिस स्थान में गिरता है उसके ठीक नीचे न गिरकर उससे तनिक हटकर पूव की ओर गिरा करता है। इस तथ्य को निम्न प्रकार से भी समझाया जा सकता है। यदि पृथ्वी परिभ्रमण करती है तो कोई बिंदु, उस अक्ष किसी बिंदु की अपेक्षा जो उसका केन्द्र के अविक्रमणीय है, अधिक तीव्र गति से चक्कर काटगा और इसका कारण वही होगा जो किसी पहिये के घेरे (rim) पर स्थित बिन्दु उस बिंदु की अपेक्षा जो पहिये के घेरे और नाल (hub) के मध्य स्थित है, अधिक तीव्र गति से घूमगा। इसी प्रकार यदि पृथ्वी परिभ्रमण कर रही है तो किसी मीनार या शीप मीनार की जड़ अथवा नीचे के तब की अपेक्षा अधिक तीव्र गति में आगे की घूमता होगा। ऐसी दशा में गिरता हुआ पदार्थ, जिसका गिरता मीनार के शीप से जाग्रम होता है मीनार के आधार की अपेक्षा अधिक अग्रगामी वेग (forward velocity) रखता है। ऐसी परिस्थितियां में गिरता हुआ पदार्थ मीनार के आधार से परिभ्रमण की दिशा में आगे बढ़ जाएगा, अर्थात् यदि पृथ्वी पूरव का परिभ्रमण करती है तो गिरता हुआ पदार्थ जबकि वह गिरना जाग्रम हुआ था तब की अपेक्षा जब वह भूमि पर पहुँचता है तब वह मीनार के आधार की अपेक्षा अधिक पूरव का होगा, अर्थात् वह मीनार से पूरव की ओर गिरना हुआ प्रतीत होता है (चित्र ४५१)। यदि पृथ्वी पश्चिम की ओर परिभ्रमण करती होती तो पदार्थ दूसरी ओर का गिरता। चूँकि ऐसा कोई भी पदार्थ मदैव पूरव की ओर ही गिरता है और चूँकि पृथ्वी का पूरव की ओर के परिभ्रमण के अतिरिक्त अक्ष किसी प्रकार से इसका समाधान होता प्रतीत नहीं होता है, अतः यह प्रमाण मान लिया गया है कि पृथ्वी उस दिशा में परिभ्रमण करती है। हमारे ज्ञान में वास्तविक विचलन (deviation) १५० मीटर (५०० फुट) गिरने के निम्न अंश २५ मिलीमीटर (१ इंच) है।



Fig 451

Figure to illustrate the effect of rotation on a falling body as explained in text



Fig 450

The leaning tower of Pisa where some of Galileo's famous experiments on falling bodies were performed

चित्र ४५१ गिरत हुआ पदार्थ में निहित मिथ्यात को जताना है। मान लिया कि AB = पृथ्वी का अर्द्धव्यास, और m मीनार का शीप है (ऊँचाई बहुत बढ़ाकर दिखायी गयी है) जो भूतल से ऊपर है। मान लो कि एक पदार्थ m में गिराया जाता है। यदि पृथ्वी परिभ्रमण नहीं कर रही होती तो पदार्थ सीधे रेखा (plumb line) की दिशा में गिरना और तल को B पर स्पष्ट करता। परन्तु, मान लो कि पृथ्वी एक गति से परिभ्रमण कर रही है कि जब तक कि m तल की ओर से गिर

यूम्पयरेखा के अनिश्चित जिस मध्याह्न-रेखा के तल में दोलन झूलता हुआ छोड़ा गया था उस तल से दोलन के विचलन का अर्थ प्रायः यह बताया जाता है कि वह मध्याह्न-रेखा, जिसके तल (plane) में दोलन पड़ते झूलता था, अपनी स्थिति को परिवर्तित कर चुकी है और अपनी नवीन स्थिति में वह उस स्थिति के समानान्तर रहती है जिसमें दोलन से झूलना आरम्भ किया था। दोलन स्वयं अपने मूल तल (original plane) में झूलता रहता है किन्तु यह तल मध्याह्न-रेखा की परिवर्तित स्थिति में उसके समानान्तर अब नहीं रह गया है। इस कथन के अनुसार दोलन

के साथ समानान्तर नहीं रहती। (swings) का अर्थ-आधा भाग इसके दोनो ओर रहता तो झूल अपनी मूल स्थिति की यूम्पयरेखा पर इस प्रकार से लटकता हुआ छोड़ दिया गया होता कि झूल होता। यह किया भी सिद्ध ४५२ में दिखायी गया है। यदि दोलन (pendulum) पर धूम चुकी होती, जिस तल पर आरम्भ हुआ था उससे बहुत कम विचलित हुआ होता हुआ छोड़ दिया गया होता तो वह, जबकि प्रवेष्टी अपने मार्ग के चौथाई भाग यदि दोलन (निर्दोल) की किसी ध्रुव और यूम्पयरेखा के बीच की आधी दूरी पर अपने मार्ग की चौथाई धूम चुकी होती। यह किया सिद्ध ४५२ में दिखायी गया है। रेखा के समकोण पर झूल रहा है जिस पर कि वह आरम्भ हुआ था, जबकि प्रवेष्टी-ध्रुव तल केवल पृष्ठवर्ती होता होता तो यह देखा जाता कि दोलन उस मध्याह्न-दिशा में आ छोड़ा जा सकता है कि झूलने की क्रिया (swings—झूल) का एक है। यदि दोलन की किसी मध्याह्न-रेखा के साथ-साथ किसी ध्रुव के दूतने समीप ध्रुव के समीप अधिक तीव्रता से तथा यूम्पयरेखा के समीप कम तीव्रता में होता किया गया था उसके प्रथम में अपनी दिशा को परिवर्तित करता है और यह परिवर्तन है जो प्रथम रेखा के समानान्तर रहती है। दोलन जिस रेखा के साथ-साथ आके तो तनिक दूर के बाद यह देखा जाएगा कि दोलन एक ऐसे तल में झूल रहा होगा के समानान्तर दिशा दिया जाए; जैसे फर्श पर की किसी रेखा के समानान्तर, एक दोलन (निर्दोल) छत से लटका दिया जाए और उसे यूँनल पर दी हुई किसी लूम (जैसे Foucault's pendulum कहते हैं) किया जा सकता है। यदि (२) एक दूसरी प्रयोग जो इसी बात की दिशा में है, एक दोलन (pendu-

लनिक आता है।

mR वर्ताता है और R पर यूँनल की स्थिति करता है जो $m' B'$ लम्ब के तल से और एक नवीन गति लाद देता है। परिणाम यह होता है कि यह एक वक्ररेखा मार्ग की m' की दिशा में परिवर्तित नहीं करता है, तथापि यह उस पर प्रवेष्टी की attraction) इस रेखा mm' पर समकोण पर है, और यद्यपि यह m की गति की होता तो m एक सीधी रेखा में m' तल पृष्ठवर्ती। गुरुत्वाकर्षण (gravitative) रहती है तब तब BA बदल कर $B'A$ में आ जाता है। यदि प्रवेष्टी का आकर्षण न

अपनी दिशा को परिवर्तित कर गया हुआ पात हाता है क्योंकि हम दिशा का निश्चय मध्याह्न रेखावा स करते हैं और किसी मध्याह्न-रेखा की क्रमिक स्थितियाँ किमा परिभ्रमणशील गोलाकार पिण्ड (body) के ऊपर, केवल परिभ्रमणशील पिण्ड का भूमध्यरेखा को छोड़कर एक दूसरे के समानांतर नहीं रह पाती है।

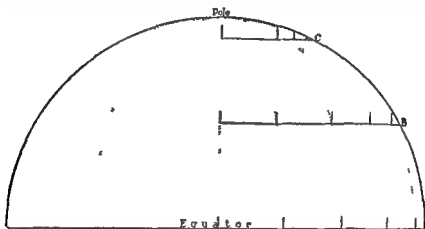


Fig 452

Diagram to illustrate the fact that the direction of the swing of the pendulum changes more rapidly in high latitudes than in low latitudes. A pendulum set swinging with the central meridian of the diagram, in different latitudes, will depart from the meridians as shown at the right in six hours. There is no departure at the equator, much in middle latitudes, and still more in high latitudes.

दालन की दिशा में यह परिवर्तन, जो भूमध्यरेखा के अतिरिक्त सावभौमिक (universal) होता है, उत्तरी एवं दक्षिणी गोलार्द्धों में सदा एक ही दिशा में होता है और सिद्ध करता है कि पृथ्वी परिभ्रमण करती है। भूमध्यरेखा पर दालन का दिशा में परिवर्तन नहीं होता है, जत इसकी व्याख्या इस प्रकार की जानी है— क्योंकि सभी मध्याह्न रेखाएँ वहाँ पर एक दूसरे के समानांतर जाती हैं और इसलिए किसी मध्याह्न-रेखा की सभी क्रमिक स्थितियाँ समानांतर जाती हैं। इस कथन के अनुसार दालन की झूल की दिशा में स्पष्ट परिवर्तन ध्रुवा के समीप की अपर्या भूमध्यरेखा और ध्रुवा के बीच के मध्य मकम तीव्रता के साथ होता है (चित्र ४५२) क्योंकि पहली स्थिति की अपक्षा दूसरी स्थिति में मध्याह्न रेखाएँ एक-दूसरे से अधिक अंश में समानांतर जाती हैं।

यदि परिस्थिति की सम्पूर्ण व्याख्या यही होती तो दालन की यत्न २४ घण्टा में अपनी मूल स्थिति के साथ सदैव समानांतर जानी चाहिए, चाहे दालन भूमध्य रेखा के समीप हो और चाहे ध्रुव के। इसके सत्य में हानि के कारण ही ऊपर का कथन इस घटना की पर्याप्त व्याख्या नहीं है। यद्यपि जक्षाश पर दालन की झूल की

दिशा के अन्तर की दर के निर्धार होने की पूर्ण व्याख्या यह पर नहीं की जा सकती है, तथापि यह भौतिकी में समझी जाती है।

पृथ्वी की स्वरूप उसके परिभ्रमण के साथ साथ (consistent) रहता है, किन्तु इसे सिद्ध कर सकना सरल नहीं है। कोई पिण्ड (body—काम) जो पूर्णतः कठोर न हो (और कोई ऐसा पिण्ड है भी नहीं), परिभ्रमण करने से अपने ध्रुवीय पर कुछ-कुछ चपटा (flat) हो जाएगा और अपनी मध्यरेखा पर कुछ-कुछ बाहर की निकल आयेगा। यही दशा पृथ्वी की भी है क्योंकि ध्रुवों के बीच की व्यास बर्तुलम व्यास है तथा भूमध्यरेखा के लंब की व्यास सबसे लंबा व्यास है। परिभ्रमण के फलस्वरूप होने वाले चपटपन (flatness) की मात्रा (१) परिभ्रमण की दर, और (२) पिण्ड की कठोरता, पर निर्भर होती है। परिभ्रमण जितना हो अधिक तीव्र होगा और पिण्ड जितना हो कम कठोर होगा, ध्रुवीय चपटपन (flatness) उतना ही अधिक होगा।

परिभ्रमण के परिणामस्वरूप भूतल पर कोई स्थान जिस गति से घूमता है उसमें बहुत अन्तर होता है। भूमध्यरेखा पर के स्थान तीव्र गति से घूमते हैं क्योंकि उनकी एक पूर्ण परिभ्रमण की अवधि में सबसे अधिक घूरी तय करती पड़ती है। भूमध्यरेखा पर रहते पृथिवी जगत् की एक दिन में लगभग ६०,२२५ किलोमीटर (२५,००० मील) है। भूमध्यरेखा के फलस्वरूप किसी बिन्दु को एक दिन में लगभग ६०,२२५ किलोमीटर (१७,६०० मील) चलना है जबकि ध्रुवों के दिन लगभग २२,३६२ किलोमीटर (१७,६०० मील) चलना है।

परिभ्रमण का प्रभाव (Effect of rotation)—परिभ्रमण का सबसे अधिक स्पष्ट प्रभाव दिन-रात का घाटी-घाटी से होना होता है। प्रत्येक परिभ्रमण में पृथ्वी का एक पार्श्व (side) और फिर दूसरा पार्श्व ध्रुव के सामने से घूम जाता है। किन्तु यह स्थान रखना चाहिए कि दिन और रात का घाटी-घाटी से होना ही स्वयं परिभ्रमण की सिद्ध नहीं करता है, क्योंकि दिन और रात प्रत्येक दिन पृथ्वी के घाटी और ध्रुव के परिभ्रमण की अवधि २४ घण्टे, एक दिन (दिन और रात मिलकर) की लम्बाई निर्धार करती है।

परिक्रमण (Revolution)—पृथ्वी द्वारा सूर्य के चारों ओर परिक्रमण करना पृथ्वी की दूसरी प्रधान गति होती है। इस गति की सिद्ध कर सकने के लिए कोई भी साधारण प्रयोग नहीं बताया जा सकता है, किन्तु परिक्रमण की घटना विविध प्रकारों से स्पष्ट की जा सकती है।

यदि एक लंबी अवधि तक व्यक्तिगत (individual) स्थितियों की स्थितियों का निरीक्षण किया जाए तो वे प्रत्येक वर्ष छोटी परिक्रमण (circuits) बनाते हुए जाते रहते हैं। कुछ परिक्रमण जगत् में व्यापक होते हैं और कुछ कभी-कभी घाटी से होते हैं। उनमें से कुछ बड़ी और कुछ छोटी होती हैं। स्थितियों की प्रत्यक्ष

स्थिति में यह वार्षिक परिवर्तन उनका वार्षिक दिक्भेद (दिग्भेद) (annual parallax) कहलाता है। या तो सितार इस वार्षिक परिवर्तन का वनात है (सब व सब एक ही अवधि में), या पृथ्वी आकाश में एक वार्षिक परिवर्तन वनाती है जो मितारा की प्रत्यक्ष वार्षिक गति का कारण है। यह तथ्य, कि सितारा वी यह प्रत्यक्ष परिवर्तन सभी एक ही समय की अवधि में वनती है, इस बात की अधिक सम्भव वनाता है कि सितारा की स्वयं की व्यक्तिगत गतियां व कारण की अपक्षा व पृथ्वी की गति के कारण से वनती है। सितारों के प्रत्यक्ष वार्षिक मार्गों के विभिन्न आकारों का कारण यह है कि कुछ सितारे ज या की अपक्षा पृथ्वी के अधिक समीप हैं और वे जितने ही अधिक समीप हैं उतनी ही अधिक वड़ी वार्षिक परिवर्तन वनात हुए प्रतीत हों हैं। वार्षिक मार्गों के विभिन्न स्वरूपों का कारण मितारा की दिशा हा सकती है, उनमें से कुछ निरक्षक से ध्रुव की और कुछ भूमध्यरेखा की दिशा में होंगे।

अन्य अथ प्राकृतिक एव सगोलीय (astronomical) दृश्य जिनमें वनन की यहा आवश्यकता नहीं है, यह प्रकट करत हैं कि पृथ्वी सूर्य के चारा ओर एक वार्षिक परिवर्तन वनाती है।

पृथ्वी सूर्य के चारा ओर अपनी परिव्रमा का पूरा करन में जितना समय लेती है उससे वष की अवधि निश्चित की जाती है। यह समय ३६५ दिन से कुछ ही अधिक हाता है।

सूर्य के चारों ओर परिव्रमा करन में पृथ्वी जिस मार्ग का अनुसरण करती है उस मार्ग का पृथ्वी की कक्षा या ग्रह पथ (orbit) कहते हैं। पृथ्वी की कक्षा

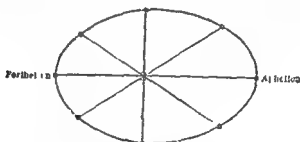


Fig 453

The orbit of the earth is an ellipse with the sun in one of the foci

(नक्षत्र) एक वृत्त नहीं है, वरन् वह एक जण्डाकार आकृति (ellipse) है (चित्र ४५३), और उसकी नाभियां (foci) में से एक में सूर्य जण्डाकार आकृति व वक्र से २४,१३,५०० किलोमीटर (१५,००,००० मील) से अधिक दूर पर हाता है। जब पृथ्वी सूर्य के निकटतम होनी है, तब पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी उस दूरी की अपक्षा जबकि व एक दूसरे से अधिकतम दूरी पर हात हैं, ४५,०७,००० किलोमीटर (३०,००,००० मील) से अधिक कम हाती है। ऐसा होता है कि पृथ्वी सूर्य

भी भूव क बीच का अन्तर एक चरण (quadrant—एक वृत्त का चौथाई भाग) होता है, और वह ९० भागा (९०°) में बटा हुआ है जिन्हें अंश (degrees) कहते हैं। अंशों की सख्या भूमध्यरेखा से ध्रुवों तक ही जाती है। प्रत्येक अंश ६० भागा ($६०'$) में बटा हुआ है जिन्हें कला (minutes) कहते हैं और अंशों के समान कलाओं की गिनती भी भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर की होती है। प्रत्येक कला ६० भागा ($६०''$) में विभक्त है जिन्हें विकला (seconds) कहते हैं, और विकला की गिनती भी उसी दिशा में होती है जिसमें उसके बड़े भागों की। अतएव भूमध्य रेखा से उत्तर अथवा दक्षिण की दूरी समानान्तर रेखाओं (अक्षांश) द्वारा ठीक ठीक



Fig 454
Parallels and meridians

दिखायी जा सकती है। इस दूरी का अक्षांश (latitude) कहते हैं और भूमध्य रेखा का अक्षांश 0° होता है।

वास्तव में भौगोलिक अक्षांश (geographic latitude) ज्यामितीय (नक्षत्रीय या खगोलीय) अक्षांश एवं भूकेन्द्रीय अक्षांश (astronomic and geocentric latitude) में भिन्न, वह कोण है तो भूमध्यरेखा के तल और निरीक्षण के स्थान पर प्रामाणिक गोला (standard spheroid) के ऊपर सतह के ऊपर बनता है। वह कोण तल के ऊपर (at the surface) बनने वाले चाप (arc) द्वारा नापा जाता है और चाप की लम्बाई मापधारणतया अक्षांश कहलाती है।

यदि किसी स्थान का अक्षांश $४०^{\circ} ६०' ६०''$ उत्तर होता है तो भूमध्यरेखा से उसकी दूरी और उसकी दिशा ठीक-ठीक ज्ञात है, किन्तु $४०^{\circ} ६०' ४०''$ का समानान्तर रेखा पृथ्वी के चारों ओर घूमने के कारण यह स्पष्ट है कि किसी स्थान के अक्षांश का कथन केवल यह बताता है कि वह स्थान किस समानान्तर पर है किन्तु उस समानान्तर पर उसकी स्थिति इससे ज्ञात नहीं होनी है।

देशान्तर (Longitude)—किसी समानान्तर पर स्थिति मध्याह्न रेखाओं द्वारा दिखायी जाती है। हो सकने वाली मध्याह्न रेखाओं की सख्या अनन्त (infinite) है, किन्तु, जैसा कि समानान्तर रेखाओं के विषय में है, मानचित्रों पर साधारणतः केवल कुछ ही दिखायी जाती है। एक मध्याह्न रेखा जो इंग्लैंड के ग्रीनविच स्थान से गुजरती है, बहुत पहले ही, मनमाने ढंग से, मध्याह्न रेखा चुन ली गयी थी जिससे पूरब और पश्चिम की दूरियाँ गिनी जाती हैं। यह मध्याह्न रेखा

अक्षांश में दोपहर में सूर्य क्षितिज से $33\frac{1}{2}^{\circ}$ ऊपर होगा। चित्र ४४५ का फिन्डल

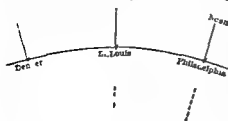


Fig 455

Diagram to illustrate the change in the altitude of the sun from hour to hour in places in the same latitude. The diagram represents noon at Philadelphia at the time of the summer solstice. At this time the sun is there but a few degrees from the zenith as represented by the dotted line. At St. Louis, in about the same latitude but farther west the sun is much farther from the zenith at the same hour but when the noon hour arrives at St. Louis the sun will be as near the zenith there as it is at Philadelphia in the diagram. At Denver which is still farther west than St. Louis, the sun is farther from the zenith than at St. Louis at the noon hour of Philadelphia. When it is noon at St. Louis the sun will be as far from the zenith at Denver as it is in the diagram at St. Louis. At this hour the sun will be about equally distant from the zenith at Denver and at Philadelphia, but at Philadelphia it will be west of south and at Denver east of south. When it is noon at Denver the sun will be as near the zenith there as it is in the diagram at Philadelphia and the position of the sun in St. Louis will be as far from the zenith as it is in the diagram, but the sun will be west of south instead of east of south.

फिया पर दोपहर दिखाता हुआ माना जा सकता है। इस समय (फिन्डलफिया का दोपहर) उसमें 15° पश्चिम का जोर सैटलुई पर सूर्य क्षितिज में उतना ऊपर नहीं हाता और डेनवर पर, जो सैटलुई से 11° जोर भी पश्चिम में है सूर्य और भी नीचा है। जिस समय पृथ्वी 15° घूम चुकेगी तब सैटलुई में दोपहर होगा और वहां पर सूर्य क्षितिज में $33\frac{1}{2}^{\circ}$ ऊपर होगा, फिलेडेलफिया में वह नीचा हो चुका होगा और डेनवर में कुछ अधिक ऊंचा। जब पृथ्वी 15° जोर भी घूम चुकेगी (अर्थात् सैटलुई का दोपहर के एक घण्टा बाद) तब डेनवर में दोपहर होगा और सूर्य वहां पर क्षितिज से $33\frac{1}{2}^{\circ}$ ऊपर होगा। तब तब वास्तविक अथवा सूर्य-समय (sun time) के अनुसार सैटलुई में दोपहर का पश्चात् एक घण्टा और फिलेडेलफिया में दोपहर के पश्चात् दो घण्टा का समय होगा।

यद्यपि किसी निश्चित मध्याह्न रखा क ऊपर के सभी स्थानों में दोपहर एक जाधी रात का समय एक ही है, तथापि वष के सभी समयों में उनका सूर्योदय और सूर्यास्त का समय एक ही नहीं रहता है। इसका कारण बाद में पाया जाएगा।

पूर्व या पश्चिम की ओर जब लम्बी यात्राएँ की जाती हैं तो दशान्वर का परिवर्तना के साथ ही साथ समय का अंतर भी स्पष्ट हो जाता है। जैसे कि कोर्द घड़ी, जो यूनायटेड स्टेट्स की स्थानीय समय बताती है, किन्तु वहां शिकागो तक ले जान में महा स्थानीय समय नहीं बनाती। यात्रा में

उत्तर समय-परिवर्तन की कठिनाइयों से बचने के लिए ऐत विभाग ने प्राणीक समय-प्रणाली (standard time-system) की अपनाया है। इस प्रणाली के अनुसार देश (समुद्र रेखा) उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों में बाँटा हुआ है जो लगभग १५° चौड़ाई है और प्रत्येक घंटी में सभी स्थान उस समय का प्रयोग करते हैं जो उस घंटी की मध्यवर्ती मध्याह्न-रेखा के लिए सही समय होता है। पाम-पञ्चम की ध्रुवों में रेखा के समय में एक घण्टा का अन्तर रहता है। इस प्रणाली में ध्रुवीय प्रत्येक घंटी की मध्यवर्ती मध्याह्न-रेखा पर के स्थानों के अतिरिक्त और कहीं स्थानीय समय नहीं चलता है। विश्व ४५६ प्राणीक समय-कटिबन्धों (standard time-zones) की विभाजित है।

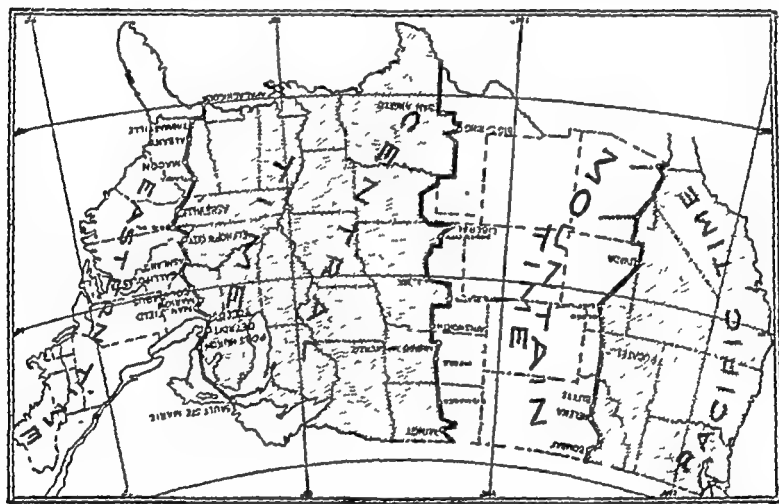


Fig 456
Map showing the standard-time zones now in use in the United States

अंशों की लम्बाइयों (Lengths of degrees) देशान्तर के एक अंश की लम्बाई, जैसी कि पूर्व पर गयी जाती है, एक समानान्तर के ३६० भाग के बराबर लम्बाई है। चूँकि समानान्तर रेखाएँ ध्रुवों के समीप समुद्ररेखा के समीप की अपेक्षा बहुत अधिक छोटी होती हैं, अतः देशान्तर के अंश की लम्बाई अक्षाण के साथ-साथ बदलती रहती है। ध्रुवों के ऊपर जहाँ कि समानान्तर की लम्बाई शून्य हो जाती है, एक देशान्तर के एक अंश की लम्बाई भी शून्य हो जाती है।

०, १०	अक्षाण में देशान्तर की लम्बाई = ११२.३३ किमीमीटर (६९.५ मील)	०, १०	१०, २०	२०, ३०	३०, ४०	४०, ५०	५०, ६०	६०, ७०	७०, ८०	८०, ९०	९०, १००
१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०	१०, २०
२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०	२०, ३०
३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०	३०, ४०
४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०	४०, ५०
५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०	५०, ६०
६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०	६०, ७०
७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०	७०, ८०
८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०	८०, ९०
९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००	९०, १००

अक्षाण के अंश मध्याह्न-रेखाओं के साथ-साथ गये जाते हैं। वे भी लम्बाई

में बदलत रहते हैं। अक्षांश के एक अंश की लम्बाई कई स्थानों पर नापी गयी है। भारत में यह लगभग १०६० किलोमीटर (६८ $\frac{1}{2}$ मील) है तथा स्वीडन में नवम उत्तरी स्थान पर जहाँ यह लम्बाई नापी गयी है यह ११००५ किलोमीटर (६८२५ मील) है। यह हिमाचल उगाया गया है कि ध्रुव पर यह लगभग ११२ किलोमीटर (६९ $\frac{1}{2}$ मील) होगी। संयुक्त राज्य अमेरिका में औसत लम्बाई लगभग १११ किलोमीटर (६९ मील) है। भूमध्यरेखा से विभिन्न दूरियाँ पर अक्षांश के अंशों की लम्बाइयाँ नीचे दिखायी गयी हैं

०°, १° अक्षांश में अक्षांश की लम्बाई =	११०६ किलोमीटर (६८३०६ मील)
३०°, १° , , , , , =	११०८ " (६८८८१ ")
६०°, १° " , " , , , =	१११५ , (६९०३०)
९०°, १° , " , " , , =	१११७ , (६९४०३ ")

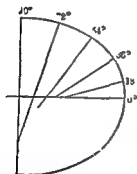


Fig 457

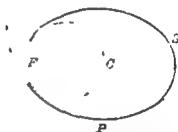


Fig 458

Figure to illustrate the fact that the longer degrees of latitude toward the poles means polar flattening. The curve is the half of a spheroid more oblate than the earth. The radiating lines are represented as 18° apart that is the distance from 0° to 18° is 18/360 of the circle of which this arc is a part. Similarly the distance from 18° to 36° is 18/360 of the circumference of which this curve is an arc and so on. The curve between 72° and 90° is much longer than the curve between 0° and 18°.

The curve *S* represents a meridian section of the earth (the flattening being greatly exaggerated). The circle *C* coincides with *S* near the equator *E* and the larger circle *M* coincides with it near the pole *A*. A degree of arc on *S* near *P* is of about the same length as one on *M*, while one on *S* near *E* is of about the same length as one on *C*. Since the circle *M* is larger than the circle *C*, a degree on *S* near *P* is longer than one near *E*.

अक्षांश के अथ (degrees of latitudes) ध्रुवों के समीप पहुँचने पर लम्बाई

में बढ़ जाती है क्योंकि पृथ्वी ध्रुवों पर सर्गिक चपटी है। अंश की लम्बाई में अन्तर

का मही अर्ध है, इस बात की **विषय** ४५७ और ४५८ द्वारा दिखाया गया है। **विषय**

४५७ के अध्ययन में इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि अंश (degree) किसी

विन्दु के चारों ओर कोणीय दूरी (angular distance) का $\frac{1}{360}$ भाग होता है

और किसी परिधि पर गये जाने पर जिस विन्दु से कोण मापा जाता है, उस विन्दु

पर चढ़ाया गया परिधि का यह $\frac{1}{360}$ भाग होता है। चूँकि निम्न अक्षांशों की

अधिकांश उच्च अक्षांशों में अथ अधिक लम्बाई होती है, अतः इसका अर्थ यह है कि

यह बाप जिस पर कि यह मापा गया है, एक अधिक बड़े वर्तुल का बाप है, अधिकांश उस

बाप के जिस पर निम्न अक्षांशों में अथ मापा गया है। किसी अधिक बड़ी परिधि

का $\frac{1}{360}$ भाग किसी अधिक छोटी परिधि के $\frac{1}{360}$ भाग की अधिकांश अधिक लम्बाई

होता है। अर्थात्, 0° और 90° के बीच परिधि के ऊपर की दूरी 90° और 180° के

बीच परिधि के ऊपर की दूरी की अधिकांश बड़े काम है ($= 2^\circ$)। इससे शब्दों में,

उस परिधि का केन्द्र जिस पर किसी उच्च अक्षांश का अंश मापा जाता है, वही केन्द्र

होती होती है जिस केन्द्र से किसी निम्न अक्षांश का अंश मापा जाता है (**विषय** ४५७)।

विषय ४५८ उन्नीसवाली की दूरी प्रकार से प्रकट करता है। ध्रुव-विषुवद-वक्र

(oblate curve) S पृथ्वी के एक ध्रुवायाम-खण्ड (meridional section) का

प्रतिनिधि है, जिसमें चतुर्धन (flatness) बहुत बढाकर दिखाया गया है। वर्तुल C

भूमध्यरेखा E पर S से मेल खा जाता है जबकि वर्तुल M उसके साथ एक ध्रुव P पर

मेल खाता है। P के समीप, वक्र S पर, बाप का एक अंश लम्बाय उन्नीसवाली

होना जानता कि M पर का एक अंश, जबकि E के समीप S पर बाप का एक अंश

लम्बाय उन्नीसवाली लम्बाय होना जानता कि C पर का एक अंश। M पर बाप का एक अंश

चतुर्धन C पर बाप के एक अंश की अधिकांश बड़े लम्बाई होगा।

अक्षांश के एक अंश की लम्बाई की गणितीय रूप से एक कठिन समस्या है, किन्तु

जिस सिद्धान्त पर यह मापी जाती है

वही समानता से समझी जा सकती है।

उन्नीसवाली में किसी भी दिष्ट दृष्टि

स्थान पर उन्नीसवाली स्थिति

से एक निश्चित अंश ऊपर रहता है।

किसी निश्चित स्थान से चलकर जब

निरीक्षक सीधे उत्तर की ओर उस

स्थान तक पहुँच जाता है वही कि चारों

तत्संबन्धी समय (corresponding

hour) पर स्थिति से ऊपर एक अंश

अधिक ऊँचा दिखाई पड़ता है, तो वह

एक अंश चल चुका होता है (**विषय** ४५८)। यद्यपि ये बाप अतिरिक्त स्थान

Fig. 459



का तल प्रत्येक स्थान पर कुछ न कुछ विषम (uneven) होता है और प्रत्येक विषमता के लिए छूट दनी होती है। विषम स्थल-तल (uneven land surface) पर नापी गयी कोई रेखा बहुत लम्बी होगी। इसके अतिरिक्त जल का समुद्र-तल (sea level) पर भी नापना पड़ता है। चूँकि स्थल, समुद्र-तल से ऊपर होता है, अतः स्थल पर की नाप को शुद्ध करना आवश्यक है। केवल तल की समस्त विषमताओं के लिए ही नहीं, बल्कि समुद्र तल से ऊपर की ऊँचाई के लिए भी।

अक्ष का झुकाव और उसके प्रभाव (Inclination of axis and its effects)—सूर्य की किरणें पृथ्वी के आधे भाग का सदैव प्रकाशित करती रहती हैं। इस प्रकाशित आधे भाग की सीमा को ज्योतिर्वृत्त (circle of illumination) कहते हैं (चित्र ४६०)। ज्योतिर्वृत्त के भीतर सभी स्थानों पर दिन रहता है जबकि उसके बाहर के सभी स्थानों पर रात होती है। यदि वह अक्ष जिसके चारों ओर पृथ्वी परिभ्रमण करती है उस तल पर सम्भवतः होता जिस पर पृथ्वी सूर्य के चारों ओर परिभ्रमण करती है, तो ज्योतिर्वृत्त सदैव ध्रुवा में से होकर गुजरता। इन परिस्थितियों में प्रत्येक समानान्तर रेखा (अक्षांश) का आधा भाग सदैव प्रकाशित रहता। जब प्रत्येक समानान्तर रेखा का आधा भाग निरन्तर प्रकाशित रहता है,

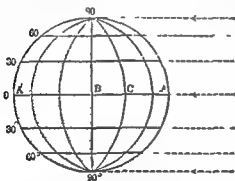


Fig 460

Diagram to illustrate the fact that half of the earth is illuminated by the sun at any one time. The line between the illuminated half and the half which is not illuminated is the circle of illumination.

परिभ्रमण करती है वह उसकी वक्ष के तल पर सम्भवतः नहीं है।

यदि पृथ्वी किसी एक जगह पर परिभ्रमण करती होती या उसका वक्ष के तल पर लम्बवत् होता तो किसी निश्चित स्थान पर सूर्य की किरणें दिन की एक ही घड़ी (समय) पर सदा एक ही बाण पर पड़नी। उदाहरण के लिए A पर (चित्र ४६०) दोपहर की सूर्य की किरणें ज़्यादातर रूप में पड़ेंगी, जबकि उमा समय (A पर दोपहर का) C पर व उसमें कम बाण पर पड़ेंगी, किन्तु A, C और B पर सूर्य की किरणों के बाण समान सदैव दिन की उस घड़ी एक ही रहें,

उस समय प्रत्येक समानान्तर रेखा पर दिन और रात बराबर होता है, क्योंकि A (चित्र ४६०) पर स्थित स्थान में B तक जान में ठीक उतना ही समय लगता है (६ घण्टे) जितना कि B में A' तक जान में लगता है (६ घण्टे)। यदि पृथ्वी का अक्ष उसकी वक्ष (वक्ष) के तल (plane of its orbit) पर सम्भवतः होता तो प्रत्येक स्थान पर दिन और रात सदैव बराबर होता। चूँकि पृथ्वी के अधिकतम भाग पर सभी ऋतुओं में दिन-रात बराबर नहीं होता है, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि जिस जगह पर पृथ्वी

को दक्षिणी गोलार्द्ध में प्रत्येक समानान्तर का आधे से अधिक भाग ज्यातिवृत्त के भीतर है और वहाँ पर रात की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे हैं, जबकि उत्तरी गोलार्द्ध में दिन की अपेक्षा रातें अधिक लम्बी हैं। जब वर्ष में दो बार, २१ मार्च और २२ सितम्बर को, सभी स्थानों पर दिन और रात बराबर रहते हैं। इन अवसरों को विषुव (Equinox) कहते हैं। मार्च का विषुव वसन्त सम्राट (vernal equinox) और सितम्बर का विषुव शरद विषुव (autumnal equinox) कहलाता है।

जब पृथ्वी सूर्य के साथ उस सम्बन्ध में होती है जैसा कि चित्र ४६१ में २१ जून को अक्षिण स्थिति में दिखाया गया है तो उत्तरी गोलार्द्ध में किमी अन्य

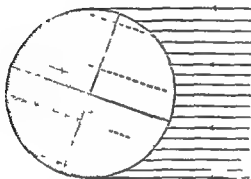


Fig 462

Diagram to illustrate the effect of inclination of the earth's axis on the length of day and night. In the figure more than half of every parallel of the northern hemisphere is illuminated. The days are therefore more than twelve hours long and the nights less, since the half of each parallel is the measure of 180° of longitude and 180° of longitude corresponds to twelve hours of time. Similarly less than half of every parallel of the southern hemisphere is illuminated, and the nights are therefore more than twelve hours long.

समय की अपेक्षा सभी स्थानों पर दिन अधिक लम्बे होते हैं और सूर्य की किरणें किमी अन्य समय का अपेक्षा अधिक उन्नत तक (अक्षांश $23^\circ 26' 1''$ में) तक पर लम्बवत् पड़ती हैं। इसको कफ-सक्रांति (summer solstice) कहते हैं। मकर सक्रांति (winter solstice) छ महीने बाद आती है, जबकि सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा के दक्षिण में लगभग $23^\circ 26'$ पर पृथ्वी के ऊपर ऊर्ध्वोपर रूप में पड़ती हैं। उन समय दक्षिणी गोलार्द्ध के दिन वर्ष के किमी अन्य समय की अपेक्षा अधिक लम्बे और उत्तरी गोलार्द्ध के दिन अपेक्षाकृत छोटे होते हैं। विभिन्न अक्षांशों में पराग का दिन रण और दिन और रात की मापन लम्बाइयाँ मकरांति की तिथि का लिए चित्र ४६२ और ४६३ द्वारा अतिरिक्त रूप में स्पष्ट हो गयी हैं।

ये चित्र यह भी दिखाते हैं कि भूमध्यरेखा पर दिन और रात सदैव बराबर रहते हैं, क्योंकि भूमध्यरेखा ज्यातिवृत्त द्वारा सदैव दो बराबर भागों में बाँटी जाती है। भूमध्यरेखा के अतिरिक्त, केवल ध्रुवों को छोड़कर, जहाँ वर्ष में छ महानों का एक दिन और छ महीने की एक रात होती है अन्य किसी अक्षांश पर दिन और रात सदैव बराबर नहीं होते हैं।

सबसे अधिक उत्तर की अक्षांश रेखा जहाँ पर सूर्य की किरणें कभी ऊर्ध्वाधर रहती हैं, कर्क-रेखा (tropic of Cancer) कहलाती है। उसी के समान वाता दक्षिण की अक्षांश रेखा को मकर-रेखा (tropic of Capricorn) कहते हैं। कर्क एव मकर रेखाएँ भूमध्यरेखा से लगभग $23\frac{1}{2}^{\circ}$ पर हैं क्योंकि पृथ्वी की धुरी (अक्ष) पृथ्वी के कक्ष के तल की ओर इतनी ही झुकी हुई है। सूर्य कर्क मन्त्रान्ति (summer solstice) के समय पर कर्क-रेखा पर और मकर सक्रान्ति (winter solstice) के अवसर पर मकर-रेखा पर ऊर्ध्वाधर रहता है। सक्रान्तियों के अवसर पर जिन अक्षांश रेखाओं का ज्योतिषतत्त्व द्वारा केवल स्पष्टमान ही होता है उनको ध्रुवीय वृत्त (Polar circles—अयनवृत्त) कहते हैं। वे ध्रुवों से उतनी ही दूरी पर हैं जितनी दूरी पर भूमध्यरेखा से कर्क और मकर रेखाएँ हैं। अतः वे लगभग $66\frac{1}{2}^{\circ}$ अक्षांश ($66^{\circ}33'$) में हैं। उत्तरी गोलार्द्ध के इस वृत्त का उत्तरी ध्रुव (अयन)-वृत्त (Arctic circle) और दक्षिणी गोलार्द्ध के इस वृत्त को दक्षिणी ध्रुव (अयन) वृत्त (Antarctic circle) कहते हैं।

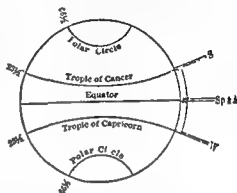


Fig 464

The inclination of the earth's axis as it revolves about the sun, makes the sun appear to travel north and south. The sun is vertical at the equator on the 21st of March (Sp) then appears to move northward until it is vertical $23\frac{1}{2}^{\circ}$ north of the equator (S) then appears to move southward until it is vertical again at the equator (A) then south until it is vertical $23\frac{1}{2}^{\circ}$ south of the equator (W) and then north again until it is vertical at the equator. These changes are accomplished in the course of one year as a result of the revolution.

दिन और रातों की लम्बाई के ऊपर पृथ्वी की धुरी के झुकाव का प्रभाव का महत्त्व इस बात से अतीव महत्त्वपूर्ण ममज्ञा जा सकता है कि यदि हम अपने स्वयं के प्रदेश में विद्यमान वर्तमान दिन और रात की सम्बाधिका की तुलना उन सम्बाधिका से करें जो उस समय होती जबकि पृथ्वी की धुरी $23\frac{1}{2}^{\circ}$ के स्थान पर इसके कक्ष के तल की ओर 45° झुकी हुई होती। उन परिस्थितियों का अध्ययन भी शिक्षाप्रद है जा दिन और रात के सम्बन्ध में उस समय होती—(१) यदि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर परिक्रमण (revolution) करने समय परिभ्रमण (rotation) न करती होता, और (२) यदि वह अपने परिभ्रमण काल में केवल एक बार ही परिभ्रमण करती होती। दूसरी दशा में परिणाम परिभ्रमण ही दिशा पर निर्भर करते हैं।

अक्षांश और सूर्य की ऊँचाई (Latitude and sun altitude)—पृथ्वी का गति का कारण उत्पन्न सूर्य और पृथ्वी के सम्बन्ध में होने वाले परिवर्तन की स्पष्ट

(१) किमी विषुव (equinox—सम्पात) के अवसर पर दोपहर को सूर्य की ऊँचाई निम्न अक्षांश में क्या होगी

१०° उत्तरी अक्षांश, १०° दक्षिणी अक्षांश, ७५° अक्षांश ?

(२) वक्-समरान्ति (summer solstice) के अवसर पर दोपहर का सूर्य की ऊँचाई निम्न अक्षांश में क्या होगी

२०° उ० अ०, ३०° द० अ०, 'सूयाव' के अक्षांश, वेंकुवर के अक्षांश, ७५° उ० अ०, ६६३° द० अ०, उत्तरी ध्रुव पर ?

(३) निम्न अवसरों पर सूर्य की ऊँचाई ज्ञात करने के लिए एक नियम बनाओ

(अ) किमी विषुव (equinox) के अवसर पर,

(ब) निमी समरान्ति (solstice) के अवसर पर जबकि स्थान का अक्षांश दिया हुआ है।

(४) किमी विषुव के अवसर पर दोपहर का शितिज से ३०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों पर रहता है ?

(५) किमी विषुव के अवसर पर दोपहर का शितिज से ७५° ऊपर सूर्य किस अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(६) वक्-समरान्ति के अवसर पर दोपहर को शितिज से ४०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(७) मकर-समरान्ति के अवसर पर दोपहर को शितिज से ८०° ऊपर सूर्य किस अक्षांश अथवा किन अक्षांशों में रहता है ?

(८) उस स्थान अथवा उन स्थानों का अक्षांश क्या है जहाँ पर वक्-समरान्ति के अवसर पर दोपहर का सूर्य शितिज से १०° ऊपर होता है ?

(९) सूर्य की दोपहर की ऊँचाई से किसी स्थान का अक्षांश ज्ञात करने के लिए एक नियम बनाओ।

(१०) वक्-समरान्ति के अवसर पर ७५° उत्तरी अक्षांश में किसी निरीक्षक का किस दिशा में किस ऊँचाई पर सूर्य दिखाई देगा

(अ) आधी रात का, और (ब) दोपहर का ?

(११) भूमध्यरेखा पर किमी निरीक्षक को २१ जून को सूर्य किस दिशा में उगता हुआ दिखाई देगा ? उस दिन भूमध्यरेखा पर सूर्य की दोपहर की ऊँचाई क्या होगी ?

(१२) २१ जून और २१ दिसम्बर को जिकागा में सूर्य की दोपहर की ऊँचाई क्या होगी ?

(१३) २१ जून का जोर किमी विषुव के अवसर पर दोपहर को किस अक्षांश पर सूर्य की ऊँचाई समान रहता है ?

(१४) यदि पृथ्वी का अक्ष ८१° युवा होता तो वक्-समरान्ति के अवसर पर दिन और रात की लम्बाई पर क्या प्रभाव पड़ता ?

(१५) यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर परिभ्रमण न करती होती तो हमारे अक्षांश में दिन और रात की दशाएँ क्या होती ?

(१६) यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर उतने समय में परिभ्रमण (rotation) करती जितने समय में वह सूर्य के चारों ओर परिक्रमण (revolution) करती है तो दिन और रात पर क्या प्रभाव पड़ता ?

सौर-परिवार

(The Solar System)

सौर-परिवार में सूर्य एवं वे समस्त पिण्ड (bodies) सम्मिलित हैं जो सूर्य का परिक्रमण (revolution) करते हैं। इसमें आठ ग्रह (planets) हैं जिनमें से पृथ्वी भी एक ग्रह है। सूर्य से दूरी के क्रम में, सबसे निकट वाले ग्रह से आरम्भ करने पर उनके नाम इस प्रकार हैं (१) बुध (Mercury), शुक्र (Venus), पृथ्वी (Earth), मंगल (Mars), बृहस्पति (Jupiter), शनि (Saturn), यूरेनस (Uranus), तथा नेपच्यून (Neptune)। पृथ्वी के उपग्रह (satellite) चन्द्रमा के समान ही अधिकांश ग्रहों के उपग्रह भी हैं। अगले पृष्ठ की तालिका से ग्रहों के विषय में कुछ अधिक महत्वपूर्ण तथ्यों की जानकारी होती है।

ग्रहों एवं उनके उपग्रहों के अतिरिक्त सौर-परिवार में अनेक (६०० से अधिक) ग्रहिकाएँ (asteroids) भी हैं, जो ग्रहों की अपेक्षा बहुत छोटे पिण्ड हैं तथा जिनकी स्थिति मंगल और बृहस्पति के मध्य में है, और पुच्छल तारे (comets) भी हैं जो सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करते हैं। इन पिण्डों का पृथ्वी पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है और यहाँ पर उनके विषय में अब और कुछ कहना आवश्यक नहीं है।

	Diameters in Kilometers (फोर्सो म)	Volume Earth=1	Mass Sun=1	Density Water=1	Mean Distance from Sun in Million K M	Sidereal Period in Years	Inclination of Orbit to Ecliptic	Number of Satellites
बुध (Mercury)	१२८१	००१	$\frac{1}{35,400,000}$	००६	३७४	०२०	०°	०
शुक्र (Venus)	०२४२०	३००	$\frac{1}{6,000,000}$	००१	२७०	०६३	३°	०
पृथ्वी (Earth)	१२८००*	००१	$\frac{1}{2,320,000}$	००१	२२५	१००	०°	१
मंगल (Mars)	६८६*	००१	$\frac{1}{2,320,000}$	००१	२२५	१००	०°	२
बृहस्पति (Jupiter)	१३२००*	०००००००३३	$\frac{1}{30,200,000}$	००००००००३	७७८	११२	३°	३
शनि (Saturn)	१२२४२*	००००००००३३	$\frac{1}{90,000}$	००००००००३	९५४	२९३	३°	०१
यूरेनस (Uranus)	५४५०	००००००००३३	$\frac{1}{22,000}$	००००००००३	२८७	०८५	०°	०१
नेपच्यून (Neptune)	४२२६	००००००००३३	$\frac{1}{22,000}$	००००००००३	२८७	०८५	०°	०१

* भूमध्यरेखीय (Equatorial)

† ध्रुवीय (Polar)

भाग ३

वायुमण्डल

THE ATMOSPHERE

वायुमण्डल विषयक सामान्य धारणा (GENERAL CONCEPTION OF THE ATMOSPHERE)

वायु के तत्त्व (Substantiality)—जिस समय वायुमण्डल गान्त रहता है, हमें वायु की उपस्थिति का ज्ञान कठिनाई से ही होता है। हम इसके मध्य से किसी रूकावट का अनुभव किये बिना ही चलते रहते हैं। केवल स्थल ही नहीं बल्कि जल के माध्य भी तुलना करने पर वायुमण्डल नितान्त निस्सार ज्ञात होता है। किन्तु, जब वायु (air) चलती होती है या पवन (wind) में गति होती है तो हमें विदित होता है कि वह अति वास्तविक और सारयुक्त है, क्योंकि पवन की शक्ति इतनी अधिक हो सकती है कि उसमें खड़ा रहना या उसकी दिशा में चलना कठिन होता है। पवन द्वारा, कभी-कभी, वृक्ष एवं मकान नीचे गिरा दिये जाते हैं और धूल (dust) तथा रेत (sand) की मात्राएँ (quantities) उड़ाकर पर्याप्त ऊँचाइयों तक पहुँचा दी जाती हैं। इन परिचित दृश्यों से यह ज्ञात होता है कि वायु एक वास्तविक वस्तु है तथा जब वह गति से चलती है तो दृढ़ पदार्थ भी उसके सम्मुख झुक जाते हैं।

प्रबल पवन प्रत्येक क्षण समान रूप से प्रबल नहीं होती है, वह झोको (gusts) में आती है। जब पवन का कोई प्रबल झोका एक ऊँचे मकान से टकराता है तो उसकी दीवारों से वायु उन्मी प्रकार एकदम पीछे लौटती है जैसे कि किसी दीवार में मारी गयी गैद लौटती है। यदि पवन के किसी प्रबल झोंके के पश्चात् दूसरे ही क्षण कोई निर्बल पवन अथवा एक शान्त क्षण आ जाता है तो दीवार में लौटी हुई वायु में, मुख्य पवन की विपरीत दिशा में, एक ऊँची शक्ति हो सकती है। ये वापस लौटने वाली पवने कभी-कभी मनुष्यों को नीचे गिरा देती हैं क्योंकि वे उस दिशा में बहती हैं जिसके विरुद्ध दबाव सहने की स्थिति में शरीर सदा होता है। ऐसी घटनाएँ विज्वायम डिलाती हैं कि वायु एक सारयुक्त वस्तु है।

इसी निष्कर्ष पर अन्य प्रकार से भी पहुँचा जा सकता है। किसी रम्भ (cylinder—बेलनाकार वस्तु) में, जिसका शीर्ष खर के एक पतले टुकड़े से ढका हुआ हो, यदि वायु को बाहर निकाल लिया जाय तो खर का ढक्कन रम्भ में नीचे की ओर दब जाता है और वह टूट भी सकता है। जो शक्ति उसको नीचे की ओर को दबाती है वह उसके ऊपर की वायु का भार (weight) है। यदि रम्भ, किसी काँच जैसी निर्बल वस्तु का बना हुआ है तो बाहर की हवा का दबाव भीतर की हवा के

इतिहास (History)—यह सम्भव है कि अपने इतिहास की अवधि में वायुमण्डल, मात्रा और आयतन में, परिवर्तन हुआ है। पहले यह माना जाता था कि वायुमण्डल क्रमशः कम होता जा रहा है और वह कालांतर में लुप्त भी हो जाएगा, जैसा कि चंद्रमा के वायुमण्डल का विलुप्त होना मान लिया गया था। किन्तु यह धारणा निम्नी मजबूत आधार पर स्थित नहीं जान पड़ती है। यह अधिक सम्भव है कि चंद्रमा का कोई वायुमण्डल कभी था ही नहीं, अपक्षा इसके कि वह था और विलुप्त हो गया है। वायुमण्डल को अब ज्वालामुखी एवं अथ उदगारी से विभिन्न गैसों प्राप्त हो रही है और सम्भवतः सदैव होती भी रही है। वायुमण्डल सम्भवतः अंतरिक्ष (space) में भी गैसों में प्राप्त रह रहा है। यद्यपि हम ओज में मिश्रित वाला भाग अब न के तुल्य है परन्तु सम्भव है कि सदैव हो ऐसा न रहा हो। वायुमण्डल कुछ गी रहा है और कुछ प्राप्त भी कर रहा है। कुछ गैसों, विघटन करने की गैसों, जैसे हाइड्रोजन, सम्भवतः पृथ्वी की आवरण शक्ति में बाहर निरगत जानी हैं और अंतरिक्ष में चली जानी है। वायु के अथ अम्ल, जैम ऑक्सीजन एवं कार्बन डाइऑक्साइड, वायु में बाहर लीच लिये जाते हैं और वे यदि स्थायी रूप में नहीं तो कम से कम एक गम्भीर अवधि के लिए चट्टानों में तब बंद हो ही जाते हैं। पूर्ति (supply) एवं हानि (loss) दोनों की मात्रा (quantity) घटती बढ़ती रहती है। जब हानि (कमी) पूर्ति में अधिक हो जाती है तो वायुमण्डल की मात्रा कम हो जानी चाहिए, और जब पूर्ति (supply) हानि में अधिक हो तो वायुमण्डल की मात्रा बढ़ जानी चाहिए। यह विश्वास किया जाता है कि वायुमण्डल की मात्रा का कम से कम किंचित घटाव एवं उदाव बारम्बार अत्यन्त हुआ होगा। आयतन और मात्रा के घटाव एवं बढ़ाव की अपक्षा रचना के घटाव उदाव भी अधिक महत्वपूर्ण रहे होंगे।

वायुमण्डल का संघटन (CONSTITUTION OF THE ATMOSPHERE)

प्रमुख अवयव (Principal constituents—मुख्य-मुख्य अंग)—वायुमण्डल की रचना (संघटन) स्पष्ट रूप से अपरिवर्तनीय (constant—स्थायी) है। यह प्रधानतः दो गैसों से बना है—(१) नाइट्रोजन जो शुष्क वायु का ७८% है, और (२) ऑक्सीजन जो लगभग २१% है। इस विषय के कुछ विद्वार्थी यह सोचते हैं कि अधिक ऊँचाई पर की संरचना नीचे की संरचना से बहुत भिन्न हो सकती है, किन्तु कम से कम १६ कि० मी० की ऊँचाई तक कोई अन्तर ज्ञात नहीं होता है।¹

वायुमण्डल के छोटे अंग (Minor constituents)—वायु के उपर्युक्त दो प्रधान अंगों, जिनके अनुपात में अधिक अन्तर नहीं होता है, के अतिरिक्त उसके अनेक छोटे अंग भी हैं जिसमें मन्दाति नाम की अक्रियाशील गैस (argon) सर्वाधिक मात्रा में होती है। वायु के अन्य छोटे किन्तु अत्यन्त महत्वपूर्ण अंग प्रागारद्विजारेय (carbondioxide) एवं जलवाष्प (water vapor) हैं। भार के हिसाब से सम्पूर्ण वायुमण्डल का लगभग ३/१०,००० भाग कार्बन-डाइ-ऑक्साइड का बना है और इसकी मात्रा दिन-प्रतिदिन एवं वर्ष-प्रति वर्ष लगभग समान रहती है। जलवाष्प, जल के इतने लघु कणों के रूप में होती है कि वे कण दिखाई नहीं देते हैं। वायुमण्डल में किसी समय इसकी कुल मात्रा सापेक्षतः समीप मात्रा में बदलती रहती है, किन्तु एक ही समय पर स्थान-स्थान पर इसकी मात्रा पर्याप्त रूप में बदलती रहती है और समय-समय पर एक ही स्थान में अत्यधिक बदलती रहती है। चूँकि जलवाष्प की मात्रा समय-समय और स्थान पर बदलती रहती है और चूँकि जलवाष्प का अधिक भाग प्रायः वर्षा और हिम के रूप में वायुमण्डल के बाहर आता रहता है, अतः जलवाष्प को वायु का अंग मानने के स्थान में उसे वायु में स्थित कोई वस्तु माना जाता है। एक निश्चित समय पर वायु में जलवाष्प की कुल मात्रा (amount) वायुमण्डल की मात्रा के १% का केवल एक अंश होती है। वायुमण्डल के निचले

¹ हम्फ्रे (Humphreys) ने हिसाब लगाया है कि ८० किलोमीटर की ऊँचाई पर वायु का $\frac{3}{4}$ भाग हाइड्रोजन है, यद्यपि वायु के नितल पर कार्बन-डाइ-ऑक्साइड जितनी है उसके $\frac{1}{4}$ से अधिक उस ऊँचाई पर हाइड्रोजन नहीं है। इसी हिसाब के अनुसार १६० कि० मी० की ऊँचाई पर हाइड्रोजन के अतिरिक्त और कुछ नहीं है।

भाग की जलवाष्प की मात्रा के आधार पर ऊपरी भाग की जलवाष्प की गणना नहीं की जा सकती है। वायुमण्डल के नितल में जलवाष्प (water vapor) आद्र उष्ण प्रदेशों (moist tropical regions) में वायु का ४% भाग तक हो सकती है।

अशुद्धियाँ (Impurities)—वायु से सदैव कुछ अणु गैसों रहती हैं जो साधारणतः अशुद्ध मानी जाती हैं, यद्यपि वे जीवन और सामान्य प्राकृतिक प्रणालियाँ के लिए अनिवार्य हानिकारक नहीं हैं। गैसों जीव पदार्थों (organic matter) के जलने एवं अपक्षय (decay—गड़ने-गमन) से, निर्माण कार्यों की विभिन्न रासायनिक क्रियाओं में, ज्वालामुखियाँ एवं अन्य प्रकार की दरारों में, तथा अन्य कारणों में उत्पन्न होती हैं। गैसों की सम्पूर्ण मात्रा जति अल्प होती है किन्तु स्थानीय रूप में, जैसे किसी दरार के समीप, वे इतनी अधिक मात्रा में होती हैं कि वे जीवन के लिए हानिकारक हो सकती हैं। उदाहरण के लिए, येलोस्टोन पार्क की मृत्यु की घाटी (Death Valley in Yellowstone Park) के कई भागों में भट्टन जान बाल जानवर बहोश हो जाते हैं और मर जाते हैं।

वायु में हमेशा असरय ठोस वण भी रहते हैं जो सामूहिक रूप में धूल (dust) कहलाते हैं। यद्यपि वायु में धूल भस्मस्वरूप वण फैली है तथापि इसको वायु का अणु न मानकर वायु में स्थित अशुद्धि मानना ही उचित है।

विभिन्न अवयवों (अणु) का पारस्परिक सम्बन्ध (Relations of constituents to one another)—वायु के विभिन्न गैसीय (gaseous) अणु एक-दूसरे से मिले हुए हैं और उनमें से प्रत्येक अपनी विशेषताएँ रखता है। ऑक्सीजन अनिवार्य रूप में अपना कार्य इस भाँति करती है कि मानो नाइट्रोजन उपस्थित है ही नहीं, और नाइट्रोजन भी ऐसा ही व्यवहार करती है कि मानो ऑक्सीजन उपस्थित नहीं है। यह विभिन्न प्रकार से दिखाया जा सकता है कि वायु के अनेक अणु केवल मिले हुए (mixed) तो हैं, किन्तु रासायनिक रूप में वे मयुक्त नहीं हैं। उनमें से एक विधि इस प्रकार है जब वायु को तरल बना दिया जाता है और उसे स्थिर होन दिया जाता है तो उसमें अणु स्वतन्त्र रूप से उड़ने लगते हैं। नाइट्रोजन और कार्बन डाइऑक्साइड ऑक्सीजन की अपेक्षा अधिक गीघ्रता से उड़ जाती हैं, अतः जब तरल वायु स्थिर होती है तो ऑक्सीजन का अनुपात बढ़ जाता है।

वायुमण्डल के तत्त्वों के कार्य

(The Functions of the Atmospheric Elements)

पृथ्वी की सुव्यवस्था (economy) में वायु के विभिन्न अणु विभिन्न कार्य सम्पादित करते हैं।

नाइट्रोजन (Nitrogen—भूपाति)—एक अक्रियाशील गैस होती है। यद्यपि सामान्य लेने में ऑक्सीजन के साथ यह भीतर जाती है, परन्तु पशुओं को यह कोई प्रत्यक्ष लाभ पहुँचाने की क्षमता नहीं होती है। जानवरों और पौधों को नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है, यद्यपि उनमें से कोई भी वायु की नाइट्रोजन का प्रत्यक्ष प्रयोग नहीं करते हैं। इससे पहले कि अधिकांश पौधे नाइट्रोजन को काम में ला सकें यह

आवश्यक है कि नाइट्रोजन को किसी अन्य वस्तु से मिलकर नाइट्रोजन-संयोग (Nitrogen compound) बन जाना चाहिए। ऐसे संयोगो (compounds) से जानवर और पौधे अपने लिए आवश्यक नाइट्रोजन ले लेते हैं।

ऑक्सीजन (Oxygen—जारक)—प्राणी वायु से ऑक्सीजन लेते हैं और इस प्रकार से वह निरन्तर व्यय होती रहती है। वायु में साँस लेने वाले जानवर इसे वायु से सीधे-सीधे ही ग्रहण करते हैं, और पानी में साँस लेने वाले जानवर इसे जल से ग्रहण करते हैं क्योंकि जल में ऑक्सीजन घुली रहती है। वनस्पति द्वारा, विशेषतः हरी वनस्पति द्वारा, भी ऑक्सीजन व्यय होती रहती है। जहाँ कहीं कोई वस्तु जलती है वहाँ भी ऑक्सीजन व्यय होती है, क्योंकि दहन (combustion) मुख्य रूप से अन्य पदार्थों के साथ ऑक्सीजन का संयोग होता है जिनमें कार्बन मुख्य होता है। जब ऑक्सीजन किसी के साथ मिल जाती है तो वह अपनी विशेष विशेषताओं को खो देती है। जीव-पदार्थ (organic matter) जब सड़ता है तो ऑक्सीजन व्यय होती है क्योंकि ऐसे पदार्थ का सड़ना भी एक प्रकार की मन्द-मन्द जलने की ही क्रिया होती है। वायुमण्डल की ऑक्सीजन का जानवरो एवं समस्त जलने की क्रियाओं में निरन्तर और तेजी से प्रयोग में आते रहने पर भी इसकी मात्रा कम होती हुई ज्ञात नहीं होती है। अतः हमें यह निष्कर्ष निकालना चाहिए कि वायु में ऑक्सीजन की पूर्ति प्रायः उतनी ही शीघ्रता से होती रहती है जितनी शीघ्रता से उसका व्यय होता है। पूर्ति के स्रोत भी अनेक हैं। पौधे कार्बन-डाइ-ऑक्साइड (CO_2) को इसके (CO_2) के तत्वों, कार्बन (C) एवं ऑक्सीजन (O), में तोड़ देते हैं और इस भाँति कुछ ऑक्सीजन स्वतन्त्र हो जाती है। स्वतन्त्र ऑक्सीजन की पूर्ति का सम्भवतः यह सबसे बड़ा स्रोत है। इस प्रकार से वायु द्वारा प्राप्त ऑक्सीजन वायु के लिए नयी नहीं है (अथवा नयी नहीं हो सकती है)। ऑक्सीजन का कम से कम, अधिकांश भाग अल्पकालिक प्रत्याहरण (temporarily withdrawn) के पश्चात् वायु में वापस चला जाता है। ज्वालामुखीय निर्गमों से कतिपय प्रकार की शिलाओं में होने वाले परिवर्तनों (विजारण—deoxidation) द्वारा, और सम्भवतः अन्य स्रोतों द्वारा भी ऑक्सीजन वायुमण्डल में पहुँचती है।

वायुमण्डल की प्रागार द्विजारेय (कार्बन-डाइ-ऑक्साइड— CO_2), जहाँ तक मात्रा का प्रश्न है, वायु का एक अत्यन्त छोटा भाग होते हुए भी अति महत्वपूर्ण अंग है। हम पहले ही देख चुके हैं कि कोयला, लकड़ी, पीट, गैस आदि के जलने से और समस्त जीव-पदार्थों के सड़ने से यह निरन्तर उत्पन्न होती रहती है। समस्त जानवरों की साँस द्वारा भी यह वायु में मिलती रहती है और प्रायः ज्वालामुखियों द्वारा बड़ी मात्रा में वायु में उँडेल दी जाती है। यह सम्भव है कि कुछ उल्काओं (shooting stars) में भी कार्बन रहता हो, क्योंकि उन टूटते हुए सितारों के ही समान कुछ पिण्ड (meteorites—टूटते हुए सितारे) जो इतने बड़े होते हैं कि वे वायुमण्डल में पूर्णतया धूल नहीं बन पाते हैं और वे चट्टान अथवा धातु के रूप में पृथ्वी तक पहुँचते हैं, कार्बन धारण करते हैं। उल्काओं में जितना भी कार्बन होता है वह वायु की

उपरी मतलब में जलकर कावन बन जाता है। कावन के इन स्रोतों के अतिरिक्त उनके अन्य स्रोतों का होना भी सम्भव है।

इन विभिन्न स्रोतों (sources) से वायुमण्डल को कावन डाइ ऑक्साइड की पूर्ति अति शीघ्रता से होती है। उदाहरण के लिए, सामान्य पत्थर का कोयला (bituminous coal—जंतुकर्म अगार) का ७५% लगभग कावन होता है। जलाने पर दम प्रकार का एक टन कोयला लगभग २३ टन कावन डाइ ऑक्साइड बनायेगा जो मंत्र की मध्य वायुमण्डल में चली जाती है। एक टन कड़ा कोयला (hard coal) जिसमें कावन का अनुपात और भी अधिक होता है, और भी अधिक कावन डाइ-ऑक्साइड उत्पन्न करेगा। यदि हम प्रतिदिन जलने वाले कोयले की मात्रा का गाना टनों में होता तो हम CO_2 की उस मात्रा का हिमात्र लगा सकते हैं जो कोयले के जलने के परिणामस्वरूप प्रतिदिन वायुमण्डल में उड़ेल दी जाती है। लगभग एक अरब (billion)¹ टन कोयला प्रति वर्ष खाना में निकाला जाता है और यदि प्रत्येक टन कोयला २३ टन कावन-डाइ-ऑक्साइड बनाता है तो यह देखा जाएगा कि अकेले इस स्रोत से ही वायुमण्डल को प्रति वर्ष २३ अरब (billion) की दर से CO_2 की पूर्ति (supply) होगी। इस सत्यापन में अन्य घटकों, जैसे कि लकड़ी, पीट, प्राकृतिक गैस इत्यादि का विचार नहीं किया गया है, न उस मद देना अथवा मटन का ही विचार किया गया है जो वनस्पति पदार्थ में होता है, और न उस CO_2 का ही जो मांस तैल में उत्पन्न होती है। जब CO_2 के इन एक अन्य समस्त स्रोतों का विचार किया जाता है तो यह कहना उचित जान पड़ता है कि वायुमण्डल को CO_2 की पूर्ति प्रति वर्ष कई अरब टन की दर से हो रही है, फिर भी वायु में इसकी मात्रा इतनी पर्याप्त नहीं बढ़ पाती है कि वह वर्ष प्रति वर्ष अथवा पीढ़ी (generation) दर पीढ़ी भी वर्तमान मात्रा से अधिक हो सके, क्योंकि यह वायुमण्डल में से अपनी ही शीघ्रता से दूर भी हो जाती है जिनकी शीघ्रता से यह वायुमण्डल में आती है।

वायु में से CO_2 का लोप प्रधानतः इन कारणों से होता है—(१) हमारे पौधे इन्हीं भोजन के रूप में ग्रहण करते हैं, (२) खनिज पदार्थों के संयोग द्वारा, क्योंकि वायु की CO_2 पृथ्वी के ठोस भाग में खनिज पदार्थ के साथ निरंतर संयुक्त होती रहती है। अतएव यह स्पष्ट हो जाएगा कि CO_2 की कुछ मात्रा परिवर्तन के अटूट चक्र (continuous round) बनाती रहती है। यह पौधा द्वारा वायु में से लीच ली जाती है और पौधे में पहुँचने वाली CO_2 के अग अथवा उन अंगों में से कुछ अग पौधे के उस भाग का निर्माण करते हैं जिसे काष्ठ या काठ तंतु (woody tissues) कहते हैं। स्वरूप परिवर्तन की इस क्रिया में कुछ ऑक्सीजन स्वतंत्र होकर वायु में मिल जाती है। तब पौधे का कावन था तो आग में जलता है अथवा सड़ जाता है, तथा इस प्रकार में उत्पन्न CO_2 फिर से पौधों के प्रयोग के लिए, वायु में लौट आती है। अधिकांश कावन डाइ-ऑक्साइड इस चक्र से होकर गुजरती है।

¹ See *Mineral Resources of the United States*, an annual publication of the U S Geological Survey

कारण यह है कि एक गरम ऋतु में उत्पन्न हुई वनस्पति का अविकांश भाग दूसरी गरम ऋतु के आने से पहले जल जाता है अथवा उसका कुछ भाग नष्ट हो जाता है। यह भी सरलता से देखा जा सकता है कि इस गैस का कुछ भाग परिवर्तन के एक चक्र में होकर इस प्रकार गुजर सकता है कि एक ऋतु में ही वायुमण्डल में इसकी वापसी एक बार से अधिक हो सकती है।

कार्बन-डाइ-ऑक्साइड की पूर्ति के विभिन्न स्रोत एक ही स्थान पर सदैव समान नहीं रहते हैं और न विभिन्न स्थानों पर ही समान रहते हैं। यही कारण है कि बूढ़ों और भट्टियों के जलने से उत्पन्न होने वाली CO_2 की मात्रा ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़ों में बहुत अधिक होती है, और पौधों एवं जानवरों के पदार्थों के नष्ट होने से उत्पन्न मात्रा जाड़ों की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु में पर्याप्त अधिक होती है। परन्तु यह स्मरण रखना चाहिए कि एक गोलार्द्ध की ग्रीष्म ऋतु दूसरे गोलार्द्ध की शीत ऋतु के साथ चलती है; किन्तु उत्तरी गोलार्द्ध की तुलना में दक्षिणी गोलार्द्ध में कम लोग रहते हैं, अतः दक्षिणी गोलार्द्ध में कम ईंधन जलता है और वहाँ पर भूमि का क्षेत्रफल भी कम होने के कारण स्थल वनस्पति का नाश भी कम होता है, अतएव दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा कम CO_2 उत्पन्न हो पाती है। कभी-कभी किसी समय विशेष पर ज्वालामुखी (जो CO_2 उत्पन्न करते हैं) अधिक सक्रिय होते हैं, और सम्भवतः वे उस समय ही सबसे अधिक कार्बन-डाइ-ऑक्साइड उत्पन्न करते हैं जबकि वे सक्रिय होते हैं। जानवरों की ग्वाम द्वारा उत्पन्न CO_2 की मात्रा सम्भवतः वर्ष भर समान ही रहती है।

वायु में कार्बन-डाइ-ऑक्साइड जिस गति (rate) से ली जाती है उस गति में भी अन्तर होता है। चूँकि पौधे CO_2 को तभी ग्रहण करते हैं जबकि उनका बढ़ने का समय होता है, अतः मध्य एवं उच्च अक्षांशों के पौधे ग्रीष्म ऋतु में ही इसे वायुमण्डल से विशेष रूप से ग्रहण करते हैं। यद्यपि दोनों ही गोलार्द्धों में ग्रीष्म ऋतु समान रूप से होती है, फिर भी दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल पर अपेक्षाकृत वनस्पति अधिक होती है, और जहाँ तक स्थल के पौधों का प्रश्न है, उत्तरी गोलार्द्ध में शीत ऋतु की अपेक्षा उसकी ग्रीष्म ऋतु में कार्बन-डाइ-ऑक्साइड अधिक शीघ्रता से व्यय होगी। इसके अतिरिक्त CO_2 खनिज पदार्थों के साथ भी उनके ठण्डे रहने की अपेक्षा उनके गरम रहने की दशा में अधिक शीघ्रता से मिलती है। इस कारण, इस प्रकार से ग्रहण होने वाली गैस की मात्रा में भी ऋतु के अनुसार कुछ अन्तर अवश्य ही होना चाहिए।

प्रथम बार विचार करने पर यह प्रतीत होगा कि CO_2 एक गोलार्द्ध में जाड़े की ऋतु में अत्यधिक बढ़ जानी चाहिए और उसी गोलार्द्ध में ग्रीष्म ऋतु में कम हो जानी चाहिए, किन्तु वास्तव में ऐसा होता नहीं है। इसके दो कारण हैं—(१) पवन CO_2 का वितरण करती है, (२) पवन के बिना भी अन्य गैसों के समान ही CO_2 वायुमण्डल में समान रूप से फैल जाती है। उदाहरण के लिए यह जाड़े में किमी शहर में बड़ी मात्रा में उत्पन्न होती है क्योंकि ऐसे शहर में प्रतिदिन हजारों टन कोयला

जलता है जो विशाल मात्रा में CO_2 का उत्पन्न करता है, किंतु यह गैस बड़ी मात्रा में शहर के ऊपर एकत्रित न होकर वायुमण्डल में फैल जाती है, इसलिए पवन के बिना भी उत्पन्न होने वाले प्रदेश में इसकी बहुत अधिकता नहीं होगी। ऐसी दशा में थोड़ी सी अधिकता का कारण प्रायः यह होता है कि इसके समान रूप में फैलने की गति पर्याप्त मंद होती है।

आधुनिक काल में CO_2 की पूर्ति और उसका ह्रास उगभग इस प्रकार में संतुलित रहते हैं कि इसकी मात्रा में कोई परिवर्तन दिखाई नहीं देता है, और यह संभव प्रतीत होता है कि समय की लम्बी अवधि में पूर्ति हानि से अधिक हुई हो अथवा इसके विपरीत हुआ हो। अतः जब CO की मात्रा में वष प्रति वष किंचित मात्र ही अन्तर होता है तब भी इस निष्कर्ष के लिए कोई आधार नहीं है कि युग युग में इसकी मात्रा में कोई अन्तर नहीं हुआ है।

यद्यपि CO_2 वायुमण्डल का एक अनि गौण अंग है तथापि यह पौधा का खुराक देने के अतिरिक्त एक अन्य महत्वपूर्ण कार्य भी करती है। पृथ्वी के ठोस भाग में अन्तरिक्ष (space) में विकीर्ण (radiated—विस्तृत) ऊष्मा के कुछ भाग का अपन में रोक रखने की भी एक शक्ति इसमें होती है। अतः यह एक कम्बल की भांति पृथ्वी की ऊष्मा को भीतर ही रोकें रखने का कार्य करती है और यह कम्बल अब पतला होने पर भी प्रभावपूर्ण है। यदि यह कम्बल अधिक मोटा होता तो यह अधिक प्रभावयुक्त होता और पृथ्वी को अधिक गरम बना देता। इस सम्बन्ध में इसका यह कार्य इतना महत्वपूर्ण है कि यदि इस गैस की मात्रा वायुमण्डल में दुगुनी कर दी जाती तो पृथ्वी का तापमान, विशेषकर उच्च अक्षांश में, उल्लेखनीय रूप में बढ़ जाता। दूसरी ओर यदि वायुमण्डल में इसकी मात्रा कम कर दी जाए तो वर्तमान की अपेक्षा जलवायु अधिक ठण्डी हो जाएगी।

जलवाष्प (The water vapor)—वायुमण्डल में जलवाष्प एक अस्थिर मात्रा में होती है। यह वायुमण्डल में निरन्तर प्रवेश करती रहती है और वर्षा, हिम, ओस, पाला इत्यादि के रूप में सघनित (condensed) एवं निस्सादित (precipitated) होती रहती है ताकि वह पुनः भाप बनकर उड़ती, सघनित होती और निस्सादित होती रहे। अधिकांश कार्बन डाइऑक्साइड की भांति यह निरन्तर चक्र बनाती रहती है। किसी समय वायुमण्डल में इसकी मात्रा कितनी होती है, यह तापमान पर निर्भर है। किंतु अन्य विभिन्न तथ्य, जैसे किसी स्थान विशेष में मिलने वाली पूर्ति की मात्रा, उस मात्रा को निश्चित करने में सहायक होते हैं जो वास्तव में वायुमण्डल में है। पृथ्वी की सामान्य सुव्यवस्था में जलवाष्प का महत्त्व आगे के अध्यायों में बताया जाएगा, किन्तु यहाँ पर इतना तो कहा ही जा सकता है कि कार्बन डाइऑक्साइड की ही भांति यह पृथ्वी को गरम रखने के लिए कम्बल का काम करती है। साथ ही, यह भी स्मरण रखना चाहिए कि वायु की जलवाष्प निरन्तर नवीन होते रहने से उस समस्त वर्षा और हिम का स्रोत है जिसके कार्य का वर्णन पिछले पृष्ठों में किया जा चुका है।

वायुमण्डल की धूल (Dust) में उसके समस्त ठोस कण सम्मिलित हैं। साधारण-तया ये कण हमें दिखाई नहीं देते हैं, यद्यपि धूल के वादल कभी-कभी आँधी के समय दिखाई देते हैं। घर के भीतर अथवा बाहर सभी वस्तुओं पर वायु से निकल कर धूल का जम जाना इसके सर्वव्यापी अस्तित्व का पर्याप्त प्रमाण है। यदि कमरे में अंधेरा करके प्रकाश को केवल एक सँकरे छोटे छेद में से होकर कमरे में प्रवेश करने दिया जाए तो यह कमरे के भीतर की वायु में देखी जा सकती है। जो वायु स्वच्छ दिखाई देती है उसको भी यदि इसी प्रकार से देखा जाए तो उसमें ठोस पदार्थ के असंख्य टुकड़े देखे जा सकते हैं। कभी-कभी धूल की मात्रा गहरों के ऊपर तथा शुष्क एवं आँधी वाले प्रदेशों में पर्याप्त अधिक होती है। फरवरी १८९१ के कुहरा (fog) के दिनों में यह अनुमान लगाया गया था कि लन्दन में तथा उसके समीप काँच की छनो पर जमी हुई धूल की मात्रा २'७ वर्ग किलोमीटर पर ६ टन थी। धूल में पदार्थ की विभिन्नता बहुत थी जिसमें कार्बन (soot के जल) की प्रधानता थी।

कुछ दिन पहले वायु की एक निश्चित मात्रा में धूल के कणों को गिनने के लिए एक विधि निकाली गयी थी। परिणाम से यह ज्ञात हुआ कि विनाल नगरों की वायु में प्रत्येक घन सेण्टीमीटर वायु में लाखों ही धूल के कण होते हैं; यहाँ तक कि नगरों और कारखानों से दूर देहात की स्वच्छ वायु में भी प्रत्येक घन सेण्टीमीटर में सैकड़ों ही धूल के कण होते हैं। यह अनुमान किया गया है “सिगरेट के प्रत्येक कंस (puff) में लगभग ४०,००,००,००,००० अलग-अलग धूल के कण स्थित होते हैं।” समुद्र के ऊपर की वायु की अपेक्षा स्थल के ऊपर की वायु में, और ऊपरी वायु-मण्डल की अपेक्षा निचले वायुमण्डल की वायु में धूल की मात्रा अधिक रहती है।

धूल के कणों में अजीवज पदार्थ (inorganic materials) रहते हैं, जैसे— (१) सूखे खेतों एवं सड़कों से उड़ाये गये खनिज पदार्थों के सूक्ष्म कण, (२) चिमनियों से निकले हुए धूर के कण, (३) समय-समय पर ज्वालामुखियों से फेंके गये चट्टानों के छोटे-छोटे कण और, (४) उल्का-धूल (meteoric dust) अथवा वह धूल जो बाहरी अन्तरिक्ष से पृथ्वी पर आती है, जैसे वह धूल जो वायुमण्डल में “टूटने वाले सितारों” के नष्ट होने से बनती है। वायु में इन पदार्थों के अतिरिक्त जीव-पदार्थों के कण (organic particles) भी होते हैं। जीवज धूल-कणों में अनेक पौधों के बीजाणु (spores) होते हैं। किसी सूखी धूम-गोली (puff ball) के तोड़ने पर जो धूल वायु में फैल जाती है, उसे यहाँ एक उदाहरण के रूप में लिया जा सकता है। जिस ग्रीष्मना के माथ रोट्टी अथवा केक (cake) अथवा चमड़े का एक सीला हुआ (moist) टुकड़ा, विशेषकर किसी अँधेरे गरम स्थान में, फफूँद (mouldy) जाता है। इससे यह तथ्य स्पष्ट हो जाता है कि वायु में पौधों के बीजाणु प्रायः सभी जगहों पर मौजूद होते हैं। फफूँद बीजाणुओं से उत्पन्न एक प्रकार के पीधे होते हैं और वे वायु में उस समय तक तैरते रहते हैं जब तक कि उनके विकास के लिए कोई उचित स्थान नहीं मिल जाता। बहार के मौसम (blossoming season) में पवन को फूलों

से पर्याप्त पराग धूल (pollen dust) मिलती है। पवन द्वारा पराग का वितरण पौधों की दुनिया में एक महत्वपूर्ण उद्देश्य को पूर्ति करता है।

फ्रांस की मोंटसोरिस नाम की वेधशाला (Montsouris Observatory) में एक घन मीटर वायु में श्राक्वाणुजा (bacteria) की संख्या ३४५ पायी गयी थी, जबकि वायु की इतनी ही मात्रा में परिम नगर के मध्य भाग में उनकी संख्या ४,७६० थी। इन संख्याओं से दहात और नगर की वायु की सापेक्षिक स्वच्छता (relative purity) का आभास (idea) मिलता है।

वायुमण्डल में धूल के कण विभिन्न जय प्रकारा से भी महत्वपूर्ण कार्य करते हैं। वे सूर्य के प्रकाश को वितरित करने में सहायक होते हैं जिससे सम्पूर्ण वायुमण्डल अधिक सुचारु रूप से प्रकाशित होता है। यदि वायुमण्डल में धूल न होती तो सूर्य अब की अपेक्षा अधिक रोशनीयुक्त दिग्राई देना। आकाश का रंग, सूर्योदय और सूर्यास्त के आरग (tints—छटा) आदि सभी वायुमण्डल की धूल द्वारा प्रभावित होते हैं। धूल के कण उस केन्द्र (nuclei) का भी निमाण करते हैं जिनके चारों ओर जलवाष्प सघनित होता है। पटले यह विश्वास किया जाता था कि धूल के कण वायुमण्डल में जलवाष्प के सघनन के लिए आवश्यक हैं, किन्तु यह मत प्रतीत नहीं होता है।

वायु का तापमान (TEMPERATURE OF THE AIR)

वायु का तापमान एक ऋतु से दूसरी ऋतु में, एक दिन से दूसरे दिन और यहाँ तक कि दिन के एक भाग से दूसरे भाग में भी बदलता रहता है। मानव के सभी कार्यों में तापमान का महत्वपूर्ण स्थान होता है, अतः तापमान को नापने और उसका लेखा (record) रखने की विधि को जानना सुविधाजनक होगा।

तापमापी या तापमापक यन्त्र (The thermometer)—तापमान को तापमापी नामक यन्त्र से नापा जाता है जिसका सिद्धान्त सरलता से समझा जा सकता है। यह काँच की एक नली का बना होता है। नली के एक सिरे पर एक बल्ब (bulb—कन्द) होता है। कन्द के अतिरिक्त काँच की नली सर्वत्र एक ही मोटाई अथवा एक ही व्यास की होती है। कन्द और कन्द के समीप वाले नली के निम्न सिरे पर, अधिकतम स्थितियों में, पारा भर दिया जाता है। फिर पारे को उसके ब्रथनांक (boiling point) तक गरम किया जाता है जिससे नली की समस्त वायु बाहर निकल जाए। जब नली उबलते हुए पारे से भर जाती है और उसमें की समस्त वायु गर्मी द्वारा बाहर निकाल दी जाती है तो नली का मुँह बन्द कर दिया जाता है। शीतल हो जाने पर पारा मिकुड़कर नली के बल्ब (कन्द) वाले भाग में भरा रह जाता है। पारे के अतिरिक्त भाग में एक पोल (vacuum) रह जाती है। तापमान के बढ़ने पर नली में पारा फैलकर ऊपर को पोल (vacuum) में उठने लगता है और जब तापमान नीचे गिरता है तो पारा भी मिकुड़कर नीचे को खिसक आता है। नली में पारे के ऊपर जाने अथवा नीचे को गिरने की मात्रा ही तापमान के परिवर्तन की मात्रा को बताती है।

नली के ऊपरी तल पर एक मापक (scale) बना रहना है जिससे तापमापी से तापमान को सहज ही में पढ़ा जा सकता है। इस कार्य के लिए माधारणतया दो प्रकार के मापको का प्रयोग किया जाता है—फारेनहाइट (Fahrenheit) और सेंटीग्रेड (Centigrade)। मापक निम्न प्रकार से बनाये जाते हैं समुद्र-तल पर (७६० मिलीमीटर दबाव) तापमापक की नली को खोलते हुए पानी अथवा खोलते हुए पानी के ऊपर भाप में तब तक रखा रहने दिया जाता है जब तक कि नली और नली के अंग पानी के तापमान को ग्रहण न कर लें। इस दशा में यदि फारेनहाइट मापक बनाना हो तो जिस बिन्दु तक पारा नली में ऊपर उठता है वहाँ पर २१२°

अंकित कर दिया जाता है। फिर पारे की नली का आद्र पिमी टुट हिम (moist pounded ice) अथवा बर्फ में तब तब रखा जाता है जब तक कि नली में पार का तल (level) स्थिर न हो जाए, और जिस तल पर पारा स्थिर होता है वहा 32° अंकित किया जाता है। 212° और 32° के चिह्नों के बीच के स्थान को 100 बराबर भागों में बांट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को एक अंश (1° फा०) कहा जाता है। आवश्यकतानुसार तापमापी की सूक्ष्मता के आधार पर नली के ऊपर प्रत्येक अंश के लिए, प्रत्येक दो अंश के लिए अथवा प्रत्येक पांच अंश के लिए चिह्न बनाए जा सकते हैं।

हिमाय तापमान (freezing temperature) के नीचे का स्थान भी इसी प्रकार से अंशों में विभक्त कर दिया जाता है, 32° के नीचे के अंशों के चिह्नों की दूरी नली पर उसी रूप में रहती है जिस रूप में उमरी स्थान के चिह्नों की ऊपर की ओर होती है। इस मापक का 0° हिमाय बिंदु से 32° नीचे रहता है। मापक का नली पर और भी नीचे ले जाया जाता है और 0° से नीचे के तापमान का "शून्य से नीचे (below zero)" कहा जाता है। जैसे 20° शून्य से नीचे का अर्थ होता है हिमाय बिंदु से 20° नीचे और इस -20° फा० लिखा जाता है।

सेण्टीग्रेड मापक अधिक सरल एवं उत्तम होता है, यद्यपि दुर्भाग्यवश अंग्रेजी भाषा भाषी देशों में इसका कम प्रचार है। सामान्य वायुमण्डलीय दबाव की परिस्थिति में हिमाय तापमान पर पारे की ऊँचाई 0° अंकित की जाती है और बर्फनाय तापमान 100° । दोनों के बीच का स्थान 100 भागों में बांट दिया जाता है और प्रत्येक भाग एक अंश (1° से०) होता है। शून्य के नीचे के अंशों के चिह्नों में वही अंतर रहता है जो मापक में ऊपर के चिह्नों का होता है। यह दखा जा सकता है कि 1° में 1.8 बराबर होता है 1.8° फा० के। यदि अंशों का यह सम्बन्ध याद रख लिया जाए तो फारेनहाइट के अंशों को सेण्टीग्रेड में और सेण्टीग्रेड के अंशों को फारेनहाइट के अंशों में मरलता से बदला जा सकता है।

वायुमण्डल का तापन

(Heating of the Atmosphere)

ऊष्मा के स्रोत (Sources of heat)—वायुमण्डल का विभिन्न स्थानों में ऊष्मा प्राप्त होती है, किन्तु सूर्य में प्राप्त होने वाली ऊष्मा अत्यंत समस्त स्थानों से प्राप्त होने वाली ऊष्मा में इतनी अधिक होती है कि यहाँ पर अन्य स्रोतों पर विचार करने की आवश्यकता ही नहीं है।

सूर्य से कितनी ऊष्मा प्राप्त होती है, इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि नियमानुसार सूर्य के उत्क्षेप के साथ साथ तापमान बढ़ता है और सूर्य के नीचे जाने पर वह कम हो जाता है, और फिर इस तथ्य द्वारा भी कि साधारणतः किसी धूप वाले दिन उमरी ऋतु में तापमान एक वादला वाला दिन के तापमान की अपेक्षा अधिक गरम रहता है। यह सत्य है कि इन सामान्य नियमों के कभी कभी अपवाद भी होते हैं क्योंकि कभी कभी कोई कोई रात दिन की अपेक्षा अधिक गरम होती है और कोई वादला

मे घिरा हुआ दिन धूप वाले दिन की अपेक्षा अधिक गरम हो जाता है। किन्तु ये अपवाद कथन की सामान्य सत्यता मे हस्तक्षेप नहीं कर पाते हैं। वायुमण्डलीय ऊष्मा का दूसरा स्रोत जो महत्त्व में द्वितीय स्थान रखता है, पृथ्वी का भीतरी भाग (interior—आन्तरिक) है; किन्तु इस स्रोत की ऊष्मा इतनी पर्याप्त नहीं है कि वायुमण्डल के तापमान को प्रत्यक्ष रूप मे प्रभावित कर सके।

सूर्य के द्वारा ताप (Sun heating; insolation)—अन्तरिक्ष का तापमान लगभग— 273° सेण्टीग्रेड (-455° फा०) माना जाता है। हम जिस तापमान का आनन्द लेते हैं वह सूर्य से मिलने वाली गरमी का ही परिणाम होता है। फिर भी, पृथ्वी को सूर्य से वितरित ऊष्मा का केवल अति तुच्छ भाग ($1/20000000000$ वे भाग से भी कम) मिलता है। प्रत्येक वर्ष में प्राप्त ऊष्मा की मात्रा यदि समान रूप से वितरित हो तो समस्त पृथ्वी के ऊपर लगभग ४४ मीटर (१४१ फुट) मोटी हिम की परत को पिघलाने के लिए अथवा लगभग ६ मीटर (१८ फुट) गहरे पानी की परत को वाष्प बना देने के लिए काफी है।

प्रत्येक गोलार्द्ध प्रत्येक वर्ष सूर्य से ऊष्मा की समान मात्रा प्राप्त करता है, किन्तु पृथ्वी के अक्ष के झुकाव के कारण विभिन्न अक्षांशों मे ऊष्मा की मात्रा समान नहीं होती है। इस सम्बन्ध में दो बातों का विचार विज्ञेय महत्त्वपूर्ण है—(१) अन्य बातों के समान रहने पर पृथ्वी प्रति क्षेत्रफल की इकाई मे वहाँ पर अधिकतम ऊष्मा प्राप्त करती है जहाँ सूर्य प्रतिदिन अधिकतम घण्टों तक चमकता है। उच्चतम अक्षांशों मे ग्रीष्म ऋतु मे दिन सबसे अधिक लम्बे होते हैं। अतः जहाँ तक दिन की लम्बाई का सम्बन्ध है, ग्रीष्म ऋतु मे पृथ्वी के किसी अन्य भाग की अपेक्षा ध्रुवों को अधिक ऊष्मा प्राप्त होनी चाहिए।

(२) अन्य बातों के समान रहने पर स्थल अथवा जल-तल प्रति क्षेत्रफल इकाई (per unit area) मे वहाँ पर अधिकतम ऊष्मा प्राप्त करते हैं जहाँ पर सूर्य की किरणें अधिकतम रूप मे लगभग ऊर्ध्वाधर पड़ती हैं। इसके कारण ये हैं—(अ) ऊर्ध्वाधर किरणें अधिकतम मकेन्द्रीय होती हैं, और क्योंकि (ब) ऊर्ध्वाधर किरणें

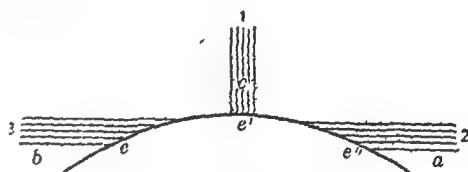


Fig. 465

Diagram to illustrate the unequal heating power of the sun at different attitudes. When its rays are vertical they are concentrated on less space on the surface of the earth, and at the same time pass through less atmosphere, than when they strike the surface of the earth obliquely.

वायु की, जो उनकी ऊष्मा के कुछ अंश को ग्रहण कर लेती है, कम मोटाई से होकर गुजरती है। यह चित्र ४६५ मे दिखाया गया है। किरणों का एक निश्चित समूह, १, तल पर ऊर्ध्वाधर रूप मे आता हुआ, एक निश्चित स्थान पर वितरित होता है जबकि किरणों के समान समूह २ एवं ३, तल पर तिरछे रूप मे आते हुए एक अधिक विशाल क्षेत्र मे वितरित हैं और इस कारण प्रत्येक भाग को कम गरम करते हैं।

फिर तिरछी किरणें २ या ३, वायुमण्डल की अधिक मोटाई से होकर गुजरती हैं और पृथ्वी के ठोस भाग के तल तक पहुँचने के पहले उनकी अधिकांश ऊष्मा समाप्त हो जाती है। जिस कोण पर सूर्य की किरणें पृथ्वी पर पहुँचती हैं वह वाण म्यान स्थान पर भिन्न भिन्न होता है। एक ही म्यान और भिन्न भिन्न समयों पर वह वाण बदलता रहता है क्योंकि पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का अक्ष उसका वक्ष के तल की ओर उस समय मुका रहता है जबकि पृथ्वी सूर्य का परिभ्रमण (revolution) करती है। इसको चित्र ४६४ द्वारा स्पष्ट किया गया है जिसकी व्याख्या पहले की जा चुकी है।

ऊष्मा का प्राथमिक वितरण (Primary distribution of heat)—यह स्मरण रखते हुए कि सूर्य का परिभ्रमण करने समय पृथ्वी का एक झुके हुए अक्ष पर परिभ्रमण करना (चित्र ४६१) एक ऐसी स्थिति है जो वर्ष भर यह जाभास देती है कि सूर्य उत्तर दक्षिण चला करता है (चित्र ४६४)। सूर्य की इस जाभासी गति के प्रभाव के फलस्वरूप सूर्य द्वारा प्राप्त ऊष्मा के वितरण का अध्ययन कर सकते हैं। चित्र ४६३ से हम देखते हैं कि जब सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा के दक्षिण $23\frac{1}{2}^{\circ}$ पर पृथ्वी के तल पर लम्बवत् पड़ती हैं तो वे उत्तरी गोलार्ध में प्रत्येक स्थान पर अधिकतम तिरछी होती हैं और दक्षिणी गोलार्ध में प्रत्येक स्थान पर कम से कम तिरछी होती हैं। अतः इस अवसर पर उत्तरी गोलार्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्ध अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है, जिसका कारण सूर्य की किरणों की दिशा होती है। इस अवसर पर उत्तरी गोलार्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्ध में दिन अधिक लम्ब होता है और यह एक दूसरा कारण है जिससे इस समय उत्तरी गोलार्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्ध अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है। जब सूर्य की किरणें $23\frac{1}{2}^{\circ}$ दक्षिणी अक्षांश पर उर्ध्वाधर होती हैं (मकर-संक्रांति, २२ दिसम्बर), उस अवसर के पश्चात् वे उत्तरोत्तर अधिक उत्तर की ओर के स्थानों पर लम्बवत् होती जाती हैं और २१ मार्च को वे भूमध्य रेखा पर उर्ध्वाधर हो जाती हैं (चित्र ४६४)। उस समय पृथ्वी पर सब दिन-रात बराबर होते हैं और सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा के उत्तर और दक्षिण समान अक्षांशों में समान रूप से तिरछी होती हैं। एक गोलार्ध का कोई अक्षांश उस समय ऊष्मा की उतनी ही मात्रा प्राप्त करता है जितनी कि दूसरे गोलार्ध का वही अक्षांश प्राप्त करता है।

२१ मार्च के पश्चात् सूर्य उत्तर की ओर अपनी यात्रा को चालू रखता हुआ प्रतीत होता है, यहाँ तक कि २१ जून को उसकी किरणें वक्र रेखा, $23\frac{1}{2}^{\circ}$ उत्तर, पर उर्ध्वाधर पड़ती हैं (चित्र ४६४)। इस समय उत्तरी गोलार्ध में दिन लम्बे होते हैं और इसी गोलार्ध की गति, उन सभी अक्षांशों में जहाँ दिन रात बारी बारी से आता है (ध्रुव प्रदेशों को छोड़कर), सबसे छोटी हो जाती है (चित्र ४६२)। साथ ही साथ, समग्र रूप में, किसी अथवा समय की अपेक्षा उत्तरी गोलार्ध में सूर्य की किरणें कम तिरछी होती हैं। इस समय दक्षिणी गोलार्ध की दशा इस गोलार्ध की दशा के नितांत विपरीत होती है। अतः इस समय वर्ष के किसी अन्य समय की अपेक्षा

उत्तरी गोलार्द्ध अर्धिक जीघना से सूर्य द्वारा गरम हो रहा होता है जबकि दक्षिणी गोलार्द्ध वर्ष के किसी अन्य समय की अपेक्षा कम ऊष्मा प्राप्त कर रहा होता है।

२१ जून से २२ दिसम्बर तक, सूर्य इस प्रकार से चलता हुआ जाना होता है कि इसकी किरणें उत्तरोत्तर अर्धिक दक्षिण की ओर ऊर्ध्वावर होनी जाती हैं और पूर्वोक्त घटनाक्रम उलट जाता है।

जिन अक्षांशों में सूर्य की किरणें ऊर्ध्वावर पड़ती हैं, वे कर्क और मकर रेखाओं के बीच में पड़ने हैं (चित्र ४६४)। किन्तु वर्ष भर औसत रूप में सूर्य की किरणें नीचे से नीचे के अक्षांशों में सबसे कम निरखी पड़ती हैं। यही कारण है कि निम्न अक्षांश, समग्र रूप में, उच्च अक्षांशों की अपेक्षा अधिक गरम रहते हैं।

विभिन्न अक्षांशों में एक दिन में प्राप्त सूर्य की ऊष्मा की वास्तविक मात्रा दिन की लम्बाई (बूझ के घंटों) और सूर्य की किरणों की दिशा द्वारा निर्धारित की जाती है। किन्तु इस बात का ध्यान रखना चाहिए कि वे अक्षांश, जहाँ पर दिन अधिकतम लम्बे होते हैं, सूर्य की ऊर्ध्वावर किरणों को कभी प्राप्त नहीं करते हैं। इन दो तथ्यों के आधार पर हिमाचल लगाया गया है जो यह दिखाता है कि वर्ष भर में और भिन्न-भिन्न ऋतुओं में भिन्न-भिन्न अक्षांशों को ऊष्मा का कौनसा अनुपात प्राप्त होता है। वर्ष भर में, पृथ्वी के किसी अन्य भाग की अपेक्षा भूमध्यरेखा अधिक ऊष्मा प्राप्त करती है। यदि वहाँ पर प्रतिदिन की प्राप्त ऊष्मा की मात्रा का औसत १ मान लिया जाए तो एक वर्ष में प्राप्त ऊष्मा की मात्रा ३६५.२ होगी। विभिन्न अन्य अक्षांशों में प्राप्त अनुपाती मात्रा को निम्न तालिका में प्रदर्शित किया गया है :

अक्षांश	०°	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°	९०°
ताप दिन (thermal days) अथवा वार्षिक ऊष्मा की सापेक्ष मात्रा (relative amount of yearly heat)	२.६५४	३.३५४	४.४५४	५.५५४	६.६५४	७.७५४	८.८५४	९.९५४	१०.०५४	११.१५४

इस सारिणी (तालिका) से यह स्पष्ट है कि ४०° अक्षांश भूमध्यरेखा की ऊष्मा का लगभग $\frac{१}{३}$ भाग प्राप्त करती है और ७०° अक्षांश उसके आगे से कुछ कम।

वर्ष के आगे भाग में जब सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा में उत्तर में ऊर्ध्वावर पड़ती हैं, २५° उ० अक्षांश में अधिकतम ऊष्मा प्राप्त होती है। वर्ष के इस आगे भाग में सूर्य की किरणें औसत रूप में ११.३° अक्षांश में (भूमध्यरेखा एवं २३.५° अक्षांश के बीच के आगे भाग में) अधिकतम रूप से लगभग ऊर्ध्वावर होती हैं; किन्तु और अधिक उत्तर की ओर दिन अधिक लम्बे होते हैं। २१ जून के समीपवर्ती तीन नहींनों में अधिकतम ऊष्मा की पेटी (zone of greatest heat) ४१° उ०

अक्षांश पर होती है। यहाँ पर सूर्य की किरणें बर्क रेखा के समीप के अक्षांशों की अपेक्षा लगभग कम ऊर्जाधार रहती हैं किन्तु दिन बहुत अधिक लम्बे होने हैं। २१ मई और १६ जुलाई^१ के बीच उत्तरी ध्रुव पृथ्वी के किसी अल्प भाग की अपेक्षा अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है क्योंकि इस अवसर पर चौबीस घण्टों का दिन सूर्य की किरणों के अधिक निरूपण के प्रभाव को कम कर देता है। वह सर्वाधिक (summer solstice) के अवसर पर उत्तरी ध्रुव के अनि निरूपण का क्षेत्र भूमध्यरेखा पर स्थित एक समान क्षेत्रफल के खण्ड को कभी भी प्राप्त होन वाली ऊष्मा की अपेक्षा २०% अधिक ऊष्मा और उस अवसर पर भूमध्यरेखीय प्रदेश को प्राप्त होने वाली ऊष्मा से

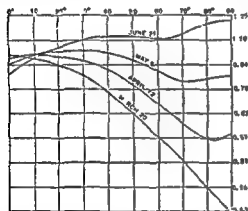


Fig 466

Diagram showing receipt of heat in different latitudes of the northern hemisphere for four dates between the vernal equinox and the summer solstice. The latitudes are indicated at the top of the figure, and the relative amounts of heat at the right.

(After Wiener)

३६% अधिक ऊष्मा प्राप्त करता है। चित्र ४६६ उत्तरी गोलार्ध के विभिन्न अक्षांशों में महाविषुव (vernal equinox) के समय में लेकर वह सर्वाधिक के समय तक सूर्य में प्राप्त होने वाली ऊष्मा की मात्रा दिखाता है।

किसी स्थान का तापमान जय स्थान की अपेक्षा आवश्यक रूप में इस कारण अधिक ऊँचा नहीं होता है कि उसे अधिक ऊष्मा प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए, ऊष्मा की कमी भी माना ग्रीनलैण्ड के तापमान को गरम नहीं बना सकती जब तक कि वहाँ की हिम पिघल न जाए। वह समस्त ऊष्मा जो तापमान को ३०° फा० में ऊपर उठाने के उद्देश्य से प्राप्त होती है,

हिम को पिघलान और उसके वाष्पीकरण में व्यय हो जाती है और तापमान को ३०° फा० (०° से०) में ऊपर नहीं उठा पाती। उत्तरी ध्रुव के समीप का प्रदेश भूमध्यरेखीय क्षेत्र की अपेक्षा अधिक ऊष्मा प्राप्त करने पर भी बहुत गरम नहीं हो पाता है क्योंकि ऊष्मा का अधिकांश हिम का पिघलान और उस जल को जो हिम से शीतल हो जाना है उष्ण करने में व्यय हो जाना है। यह जन अत्यन्त मद गति में उष्ण होता है और जैसे ही गरम करने की क्रिया भलीभांति आरम्भ होती है वैसे ही जल दूर चला जाता है।

^१ हेन (Hann) ने ये तिथियाँ १० मई से ३ अगस्त तक की दी हैं, जबकि ५६ दिन।

ऊष्मा के सम्बन्ध में सूर्य पृथ्वी के लिए क्या करता है, इस बात को निम्न तालिका में दिखाया गया है। तालिका प्रदर्शित करती है कि यदि वायुमण्डल न होता तो पृथ्वी पर विभिन्न अक्षांशों में अनुमानित औसत तापमान (सेण्टीग्रेड) क्या होता। तालिका के ऊपरी भाग के अंक ओष्णतम (warmest) और शीतलतम (coldest) महीनों के हैं :

अक्षांश	भूमध्य रेखा	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°	ध्रुव
ओष्णतम मास (warmest month)	६७	६३	५०	३८	३५	३५	३३	३६	८०	८०
शीतलतम मास (coldest month)	५६	५०	३६	१६	-१०	-४५	-१०३	-२७३	-२७३	-२७३
वार्षिक माध्य (annual mean)	६०	५१	५७	५०	३६	२४	१	-४३	-८१	-१०५

तापन एवं शीतल होने की क्रिया (Heating and cooling)—वायु द्वारा ऊष्मा की प्राप्ति, हानि (loss) एवं संचालन (transference) में तीन विधियाँ सम्मिलित हैं। वे विकिरण (radiation), संचालन (conduction) और संवाहन (convection) हैं। पृथ्वी पर तापमान का वितरण समझने के लिए इन विधियों का समझना आवश्यक है।

(१) विकिरण (Radiation)—जब सूर्य चमकता है तो वह तल जिसको सूर्य की किरणें स्पर्श करती हैं, उस ऊष्मा को चूम लेने के द्वारा गरम होता है जिसको सूर्य (radiate) विकीर्ण करता है। आग के सामने खड़ा हुआ कोई भी पदार्थ आग द्वारा विकीर्ण (फेंकी गयी) ऊष्मा को अपने में ले लेने में गरम होता है। ऊष्मा के विकिरण के लिए, किसी पिण्ड (body) को सूर्य के समान चमकता हुआ गरम पिण्ड होने की आवश्यकता नहीं है। कोई भी पिण्ड जो अपने पाम-पड़ोस में अधिक गरम है, ऊष्मा का विकिरण करता है और जो पिण्ड ऊष्मा का विकिरण करता है, वह स्वयं शीतल हो जाता है। आग के बुझ जाने के शीघ्र पश्चात् ही कोई चूल्हा ऊष्मा का विकिरण करना बन्द कर देता है। दिन में सूर्य ने विकीर्ण ऊष्मा को अपने में ले लेने के कारण गरम हुआ स्थल गत में अपनी ऊष्मा को विकीर्ण करके प्रातःकाल तक शीतल हो जाता है। जिस गति में विकिरण द्वारा किसी निश्चित पिण्ड की ऊष्मा का लोप हो जाता है, वह उसके तथा उसके पाम-पड़ोस के बीच के तापमान के अन्तर पर निर्भर होती है। उदाहरण के लिए, एक उष्ण स्टोव एक गरम कमरे की अपेक्षा एक ठण्डे कमरे में अधिक शीघ्रता से शीतल होगा।

(२) संचालन (Conduction)—यदि लोहे की एक छड़, जैसे आग को कुदेदने (poke) का लोहे का सीकचा, का एक सिरा आग में रख दिया जाए, तो दूसरा सिरा भी शीघ्र ही गरम हो जाएगा। इसका अर्थ यह है कि गरमी कण-कण को पार करती हुई एक मिरे से दूसरे मिरे को गुजर जाया करती है। इस क्रिया को

व्यूहाण्वीय संचालन (molecular motion) अथवा ऊष्मा शक्ति (heat energy) कहते हैं। ऊष्मा की पारगमन (transmission) की इस विधि को संचालन (conduction) कहते हैं। बाईं भी ठण्डा पिण्ड किसी गरम पिण्ड के सम्पर्क में आने पर संचालन द्वारा गरम हो जाता है। जहाँ वही भी स्थल का तापमान वायु के तापमान की अपेक्षा अधिक होता है, वहाँ वायु का निम्न स्थल के सम्पर्क द्वारा अर्थात् संचालन द्वारा गरम हो जाता है।

(३) सवाहन (Convection)—जब पानी से भरी पत्तीली किसी गरम चूल्ह पर रखी जाती है तो पेंद में का पानी संचालन द्वारा पहले गरम होता है। इसी को या भी कह सकते हैं कि ठण्डा पानी गरम पानी के सम्पर्क में आकर पत्तीली की गरमी को अपने मूल में लेता है। गरम होने से पानी फैलता है। जब पत्तीली के नितल में पानी फैलता है तो वह ऊपर के पानी से हलका हो जाता है। ऊपर का भारी पानी तब नीचे बैठता है और नीचे के गरम और हलके पानी को ऊपर की ओर ढकेल देता है। इस प्रकार की गति को सवाहन कहते हैं। सवाहन के अर्थ उदाहरण स्टाव, भट्टी आदि में मिलते हैं। किसी गरम स्टाव के ऊपर वायु में हलके भाग का एक पत्ता क्षण भर के लिए रुक रहा सरता है तथा सवाहन धारा की उठती हुई वायु द्वारा ऊपर भी ले जाया जा सकता है। पुनः जब किसी चिमनी की वायु गरम होती है तो वह फैलती है और अपने पास पड़ोस की वायु की अपेक्षा कम घनी हो जाती है। चिमनी अथवा स्टोव के आधार के आसपास की अधिक शीतल और अधिक घनी वायु चिमनी में की फैली हुई वायु के नीचे घुस आती है और उसे धक्का देकर चिमनी में बाहर निकाल देती है। चूँकि चिमनी के भीतर घुसने वाली वायु निरंतर फैलती रहती है अतः जब तक आग जलती रहती है, तब तक वायु का ऊपर की ओर चलने वाला धोका चलता रहता है। अतः किसी चिमनी का प्रत्येक भाग सवाहन का एक उदाहरण है। यह देखा जा सकता है कि सवाहन में गैस अथवा द्रव के छोटे छोटे अणु (molecules) अपनी स्थिति का एक दूसरे के सापेक्ष में परिवर्तित करने हैं जबकि किसी ठोस में संचालन के समय वे ऐसा नहीं करते हैं।

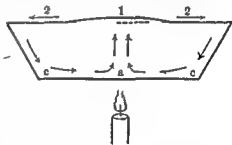


Fig 467

Diagram to illustrate convection in a vessel of water heated at one point at the bottom. Surface dome greatly exaggerated

वायु एक जन के तापमान के सम्बन्ध में सवाहन द्रवों से अधिक महत्त्व का होता है कि इस विधि का कुछ अधिक विस्तार के साथ विश्लेषण किया जा सकता है। मान लो कि जल से भरा एक बर्तन है जिसके पेंद के मध्य बिंदु को गरम किया जा रहा है (चित्र ४६७)। (१) यह पानी *a* स्थान पर गरम होकर फैलता है

और अपने ऊपर के जल को ऊँचा उठाता है, जिससे तल पर 1 स्थान पर एक अति नीचा गुम्बद उत्पन्न होता है। (२) गुस्त्वाकर्षण के प्रभाव से पानी गुम्बद से इधर-उधर को बह जाता है। परिणाम यह होता है कि शकोरे (dish) के नितल में असमान दबाव उत्पन्न हो जाता है। a की अपेक्षा c पर अधिक दबाव होता है क्योंकि a के ऊपर की अपेक्षा c के ऊपर अधिक अणु (molecules) होते हैं। (३) c पर दबाव की अधिकता के कारण जल c से a की ओर चलता है और उस स्थान पर के अधिक गरम पानी को हटाकर (ऊपर को उठाकर) उस ऊपर को चलने वाली गति को उत्पन्न करता है जो चित्र के मध्य में दिखाया गया है। (४) c से केन्द्र की ओर जल की गति के कारण से c से ऊपर का जल उस जल का स्थान ग्रहण करने के लिए नीचे आता है जो a की ओर को चला गया है, जबकि निरन्तर तापन (heating) के कारण a के ऊपर जल की उठान गुम्बद बनाती रहती है और तल के ऊपर केन्द्र से पार्श्व की ओर पार्श्व-संचालन चलता रहता है।

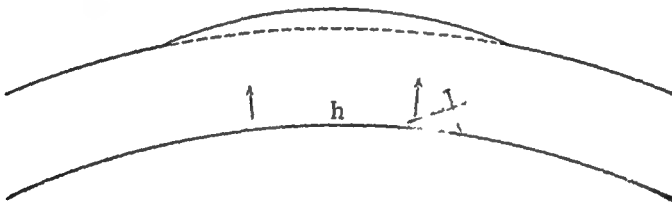


Fig. 468

The initial rise of air, as a result of the expansion of the part heated

जब सूर्य से विकीर्ण ऊष्मा के द्वारा स्थल का तल में होता है, तो वह अपने ऊपर की वायु को अणत संचालन द्वारा किन्तु प्रधान। संचालन द्वारा गरम करता है। गरम हुई वायु फैलती है और ऊपर उठती है। उठने का आरम्भ फैलाव के कारण होता है (चित्र ४६८)। यदि किसी निश्चित प्रदेश की वायु जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, उससे अनुमान फैल जाय, तो फैले हुए वायु-स्तम्भ के शीर्ष की वायु

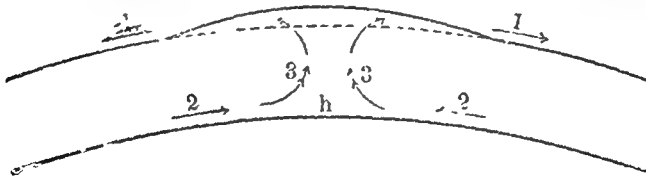


Fig. 469

The permanent heating of the air over a given region gives rise to permanent convection currents.

उसी प्रकार इधर-उधर बिखर जाएगी। ऐसी परिस्थितियों में पानी फैल जाता है। ऐसा हो जाने के पश्चात् h स्तम्भ के आधार पर वायु की मात्रा गरम क्षेत्र के बाहर उन्नीस स्तर पर वायु की मात्रा की अपेक्षा कम हो जाएगी और गरम स्तम्भ के बाहर की वायु कमी को पूरी करने के लिए स्तम्भ में प्रवेश कर जाएगी। यह प्रवेश गरम

और फैली हुई वायु के स्तम्भ को ऊपर उठने को बाध्य करेगा और आगे वायु के ऊपर से वह जाने के कारण नितल पर वायु का अंदर की ओर बहना (inflow) बनता रहेगा। यदि तापित क्षेत्र का तापन (heating) होना रह तो तापित (heated) प्रदेश में एक स्थायी संचालन धारा (convection current) स्थापित हो जाएगी (चित्र ४६६)।

संचालन धारा को स्थापित करने के लिए यह आवश्यक नहीं है कि फैली हुई वायु अपने ऊपरी तल को स्पष्ट रूप में और वास्तव में ऊपर उठा दे जैसा कि चित्र ४६६ में दिखाया गया है। जब वायु ऊपर की ओर फैलती है तो वह निरन्तर तापित एवं फैलते हुए भाग के ऊपर की वायु का दबाती है (चित्र ४७०)। जहाँ पर दबाव उत्पन्न होता है वहाँ दबी हुई वायु (compressed air) उमी तल पर की आसपास की वायु की अपेक्षा अधिक भारी होती है और वह इस जतर का

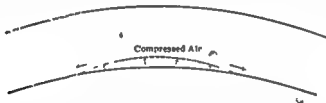


Fig 470

Flow of air from above a heated area would take place even if the surface of the air were not raised

संतुलन करने के लिए पार्श्वों (sides) की ओर बहती है। वायु में, वास्तव में, ऐसा ही होता है। यह देखा जा सकता है कि संचालन क्षेत्रों एवं ऊर्ध्वाधर दोनों ही गतियों को उत्पन्न करता है और क्षेत्रीय गतियाँ विभिन्न स्तरों (levels) पर उत्पन्न होती हैं।

सूर्य वायुमण्डल का तापन कैसे करता है? (How the sun heats the atmosphere?)—सूर्य द्वारा वायुमण्डल का तापन दो प्रमुख विधियों से होता है (१) जब सूर्य की किरणें वायुमण्डल के मध्य से होकर आती हैं तो सूर्य द्वारा विकीर्ण ऊष्मा से वायुमण्डल गरम होता है, और (२) वायुमण्डल के नीचे मूल एवं जल सूर्य से विकीर्ण ऊष्मा का शोषण कर गरम होत है और फिर वे सूर्य की गर्मी (insolation) द्वारा प्राप्त ऊष्मा का अधिकांश भाग वायु में तथा वायु द्वारा पुनः विकिरण कर देते हैं। इस प्रकार विकीर्ण ऊष्मा का अधिक भाग वायु में विलीन हो जाता है और इस प्रकार वायु गरम हो जाती है।

वायु द्वारा सूर्य की प्रत्यक्ष (direct) किरणों से ली गयी ऊष्मा की मात्रा विभिन्न अक्षांशों में भिन्न भिन्न होती है, और वह प्रधानतः उम दूरी पर निर्भर होती है जो किरणें वायु में से होकर पार करती हैं, जबान् सूर्य की किरणों की उन्नता (verticality) पर। सूर्य की विभिन्न ऊँचाइयों के लिए मात्रा अग्रलिखित तालिका¹ में दिखायी गयी है

¹ Copied from Waldo's Elementary Meteorology, p 28

सूर्य की ऊँचाई	०°	५°	१०°	२०°	३०°	५०°	७०°	९०°
इकाइयों में वायुमण्डल की मोटाई	३५.५	१०.२	५.५६	२.६०	१.६६	१.३१	१.०६	१.००
वायुमण्डल के नितल तक पहुँचने वाले सूर्य-विकिरण का अनुपात	०.००	०.०५	०.२०	०.४३	०.५६	०.६६	०.७४	०.७५

स्थल एवं जल से वायु में विकीर्ण प्रकाशहीन ऊष्मा, सूर्य द्वारा विकीर्ण प्रकाशपूर्ण ऊष्मा की अपेक्षा वायु द्वारा अधिक शीघ्रता से ले ली जाती है, अतः सूर्य से मिलने वाली प्रत्यक्ष गरमी (direct insolation) की अपेक्षा नीचे से होने वाले विकिरण द्वारा वायुमण्डल अधिक गरम होता है। भू-विकिरण (earth radiation) एवं सूर्य की गरमी (insolation) दोनों ही के द्वारा निम्नतम वायु सबसे अधिक गरम होती है, क्योंकि वह सबसे अधिक घनी होती है; और गरम हो जाने पर वह सवाहन धाराओं को उत्पन्न करती है जिनसे ऊपर की वायु गरम होती है। चूँकि सवाहन धाराओं में क्षैतिज एवं उदग्र (vertical—ऊर्ध्वाधर) दोनों ही गतियाँ होती हैं, अतः जो प्रदेश अधिक ऊष्ण होते हैं वे अपनी ऊष्मा का कुछ भाग उन प्रदेशों को दे देते हैं जो कम ऊष्ण होते हैं।

जब कभी स्थल एवं जल अपने ऊपर स्थित वायु की अपेक्षा अधिक ऊष्ण होते हैं तो वे वायुमण्डल को संचालन (conduction) द्वारा भी गरम बनाते हैं, और परिणाम यह होता है कि सवाहन (convection) आरम्भ हो जाता है। अधिक ऊष्ण वायु भी अपनी अपेक्षा शीतल वायु को ऊष्मा विकीर्ण (radiate) करती है।

स्थल एवं जल का गरम व शीतल होना (Heating and cooling of land and water)—स्थल और जल सूर्य द्वारा असमान रूप से ऊष्ण होते हैं। जल की अपेक्षा स्थल सूर्य की गरमी (insolation) द्वारा चार अथवा पाँच गुना अधिक शीघ्रता से ऊष्ण होता है। इसके कई कारण हैं।

(१) मिट्टी अथवा चट्टान की किसी निश्चित मात्रा द्वारा ऊष्मा की एक निश्चित मात्रा को लेने की क्रिया (absorption) मिट्टी अथवा चट्टान के तापमान को जल की उसी मात्रा के तापमान की अपेक्षा अधिक ऊँचा (लगभग उसके चौगुने के बराबर) उठा देता है, अर्थात् जल की आपेक्षिक ऊष्मा (specific heat) स्थल की अपेक्षा अधिक ऊँची होती है।

(२) जल एक उत्तम परावर्तक (reflector) होता है, जबकि स्थल ऐसा नहीं होता है। अतः स्थल सूर्य की किरणों की ऊष्मा का अधिक अनुपात अपने में लिया करता है।

(३) जल का तल स्थानीय रूप में जैसे ही गरम हो जाता है, वैसे ही जल में सवाहन धाराएँ अथवा गतियाँ स्थापित हो जाती हैं। इस कारण किसी एक स्थान

पर अत्यधिक तापन (heating) नहीं हो पाता है। दूसरी ओर स्थल ठोम होने के नाते सवाहन गतियों से रहित होता है।

(४) अथ परिस्थितियाँ समान होने पर स्थल-तल की अपक्षा जल-तल में वाष्पीकरण अधिक होता है और जिस तल से वाष्पीकरण होता है उसे वह शीतल बना देता है।

(५) मिट्टी और चट्टान, वास्तव में, प्रकाश और ऊष्मा की क्रिया के लिए अभेद्य (impenetrable) है जबकि जल ऐसा नहीं होता है। अतः सूर्य में प्राप्त होने वाली ऊष्मा आरम्भ से ही स्थल की अपेक्षा जल की अधिक गहराई के मध्य तक पहुँचती है और स्थल के तल तक ही अनिवार्य रूप में सीमित होने के कारण स्थल के तल का तापमान अधिक ऊँचा हो जाता है।

(६) स्थल दिन में जल की अपक्षा बरों अधिक गरम हो जाता है, इसका उपर्युक्त कारणा के अतिरिक्त एक कारण यह भी है कि स्थल रात में जल की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से शीतल^१ भी होता है। परिणाम यह जाना है कि स्थल पर का तापमान जल के तापमान की अपेक्षा दिन में रात में और ग्रीष्म में जाड़े की ऋतु में अधिक परिवर्तित होता है।

ऊष्मा का द्वितीया का वितरण (Secondary distribution of heat)—
ऊष्मा के वितरण के सम्बन्ध में जो कुछ अब तक कहा गया है उससे स्पष्ट है कि पृथ्वी द्वारा सूर्य से ऊष्मा प्राप्त करने के बाद वह कुछ सीमा तक फिर से वितरित होती है। दूसरी बार का यह वितरण प्रधानतः सवाहन की उन गतियाँ द्वारा पूरा होता है जो वायु तथा जल, विशेषकर सागर का जल, दोनों का प्रभावित करता है। यह वायु तथा जल के उन संचालनों द्वारा भी प्रभावित होता है जो सवाहनशील नहीं हैं। सूर्य द्वारा प्राप्त ऊष्मा के पुनर्वितरण में समुद्री धाराओं का बड़ा महत्त्व है। यह अनुमान किया गया है कि उनके द्वारा भूमध्यरेखा का औसत तापमान जल की भाँति प्रायः 50° फा० न होकर लगभग 33° फा० हो जाएगा और ध्रुवों का अब के 0° (वार्षिक माध्यम) के स्थान पर लगभग— 10° फा० होगा।

वायु के तापमान के विषय में जो कुछ ऊपर कहा गया है उसका सम्बन्ध उनके निम्नलिखित भाग ३ या ४ किलोमीटर (२ या ३ मील) की ऊँचाई तक में है। इस क्षेत्र के भीतर जब तापमान ऊँचाई की वृद्धि के साथ साथ कम होता है तब वह असमान रूप से कम होता है, जिसके प्रधान कारण ये हैं (१) नीचे के तल का अति असमान ऊष्मा का मिलना, (२) सवाहन की गतियाँ, और (३) तूफान की गतियाँ (अध्याय १६)।

वायुमण्डल के नितल में ३ या ४ मीटर (२ या ३ मील) के क्षितिज से ऊपर लगभग ६७ किलोमीटर (६ मील) की ऊँचाई तक निचले क्षेत्र की अपेक्षा

^१ शीतल होने की गति विकिरण, संचालन, आपक्षिक ऊष्मा और वायु के संचालन की गति पर निर्भर करती है।

तापमान अत्यधिक एकसूचना से घटना है और लगभग $1\frac{1}{2}$ से $1\frac{1}{2}$ किलोमीटर (३ से १० मील) की ऊँचाई पर तापमान बहुत नीचा, -६०° से -७१° फा० तक, होता है।

समतापीय परत (The isothermal layer)—लगभग $1\frac{1}{2}$ किलोमीटर ($1\frac{1}{2}^{\circ}$ से $1\frac{1}{2}^{\circ}$ अक्षांश) से लेकर लगभग $1\frac{1}{2}$ किलोमीटर (१० मील) तक की ऊँचाई में ऊपर तापमान ऊँचाई की वृद्धि के साथ ही साथ नीचे गिरना बन्द कर देता है। $1\frac{1}{2}$ से $1\frac{1}{2}$ कि० मी० (३ से १० मील) के इस स्तर में ऐसी ऊँचाई तक जिसका पता गुब्बारों द्वारा लगाया गया है, तापमान में इतना कम अन्तर होता है कि वायुमण्डल के इस भाग को समतापीय परत (isothermal layer) कहा गया है। इस परत के निम्न पर तापमान ग्रीष्म (प्रायः -६०° फा०) की अपेक्षा जाड़ों में कुछ अधिक जीनल (लगभग -७१° फा०) रहता है और मध्य अक्षांशों की अपेक्षा निम्न अक्षांशों में स्पष्टतः अधिक जीनल रहता है। हम्फ्रेय (Humphreys) का कथन है कि पृथ्वी के दो वायुमण्डल हैं : (१) एक निचला प्रक्षुब्ध (Low turbulent one) जिसका तापमान ऊपर की ओर घटना जाता है, जिसमें आक्सीजन का $\frac{2}{3}$ से $\frac{1}{2}$ तक भाग, नाइट्रोजन और आर्गन, CO_2 का और भी अधिक अनुपात और जलवाष्प का अधिकतम भाग रहता है, और (२) एक ऊँचा अथवा बाहरी समतापीय परत (A higher or outer one, the isothermal layer) जो पहले धार्म परत के ऊपर फैला रहता है।

इस कथन का तात्पर्य यह जाना जाता है कि समतापीय परत वायुमण्डल के भीप तक विस्तृत है; किन्तु इस निष्कर्ष के लिए कोई प्रमाण दिखाई नहीं पड़ता है।

समतापीय परत की व्याख्या में वे लोग पूर्णतया महमन नहीं हैं जिन्होंने इसका अध्ययन किया है और जो व्याख्यान दी गयी हैं उनका विश्लेषण इस अध्याय के अंत में बाहर है।¹

ऋतुएँ (Seasons)

अधिकांश अक्षांशों में साधारणतः चार ऋतुएँ कही जाती हैं—वसन्त (Spring), ग्रीष्म (Summer), पतझड़ (Autumn), और शिशिर (Winter—जाड़ा), किन्तु एक ऋतु से दूसरी ऋतु में परिवर्तन एकदम नहीं होता है और उनकी निर्दिष्ट सीमाएँ मनमाने रूप में कही जाती हैं। संयुक्त राज्य में मार्च, अप्रैल और मई सामान्यतः वसन्त, जून, जुलाई और अगस्त ग्रीष्म; सितम्बर, अक्टूबर और नवम्बर पतझड़; तथा दिसम्बर, जनवरी और फरवरी शिशिर (जाड़े) के महीने कहे जाते हैं। परन्तु कभी-कभी वसन्त उस समय की अवधि को कहते हैं जो महाविषुव

¹ Milliam, *Meteorology*, p. 52; Rotch, *Monthly Weather Review*, May 1903; Humphreys, *Bull. of the Mount Weather Observatory*, Vol. 2, 1909, p. 1; Dines, *Monthly Weather Review*, Vol. 43, Nov. 1915, pp. 551-56.

(vernal equinox) और वक् सन्नाति (summer solstice) के बीच का समय है, ग्रीष्म, वक् सन्नाति और शरद विषुव (autumnal equinox), पतञ्ज, शरद विषुव और मकर-सन्नाति (winter solstice), और जाड़ा, मकर-सन्नाति और महाविषुव (vernal equinox) के बीच के समय का कहा गया है। दक्षिणी गोलार्द्ध में वसन्त ऋतु उस समय होती है जब उत्तरी गोलार्द्ध में पतञ्ज का समय होता है, और वहा पर ग्रीष्म ऋतु तब हाती है जब हमारे यहाँ शिशिर का समय होता है, और, अय ऋतुआ में भी यही क्रम रहता है। उत्तरी गोलार्द्ध की वक् सन्नाति दक्षिणी गोलार्द्ध की मकर सन्नाति होती है तथा उत्तरी गोलार्द्ध के महाविषुव के समय दक्षिणी गोलार्द्ध में शरद विषुव होता है।

ऋतुआ की अवधि की सीमाआ की पहली परिभाषा जा ऊपर दी गयी है, प्रधानतया तापमान पर आधारित है। बीच के अक्षांश (समशीताण) में सबसे अधिक गरम तीन महीने ग्रीष्म के होते हैं और जाड़े के तीन महीने सबसे अधिक ठण्डे महीने होते हैं। ऋतु की सीमाआ की द्वितीय परिभाषा का आधार ज्योतिष के आधार पर है। कुछ दशा में ऋतुओं की सीमाआ की परिभाषाएँ और भी अन्य प्रकारों से की जाती हैं। हमारे अक्षांश में ऋतुआ की धारणा मुख्य तौर पर तापमान पर आधारित है, परन्तु पृथ्वी के कुछ भागों में ऋतुओं का भेद, अशत अथवा अविशत भी, तापमान की अपक्षा जय तत्वों पर आधारित है। जैसे, कुछ निम्न अक्षांशों में, जहाँ तापमान सदैव ऊँचा रहता है, आद्र और शुष्क ऋतुएँ ऊष्ण और शीत ऋतुआ की अपक्षा अधिक स्पष्ट होती हैं। इसके विपरीत, ध्रुवीय प्रदेशों में यद्यपि जाड़े का तापमान ग्रीष्म के तापमान की अपक्षा पर्याप्त नीचा होता है तथापि प्रकाश के विषय में भी एक स्पष्ट अंतर होता है, और वहाँ गरमी की ऋतु प्रकाश की ऋतु, तथा जाड़े की ऋतु अंधकार की ऋतु कही जाती है।

ग्रीष्म और शिशिर में अंतर (Differences between Summer and Winter)—उत्तरी गोलार्द्ध के मध्यवर्ती अक्षांशों में ग्रीष्म के उच्चतर तापमान के अतिरिक्त ग्रीष्म और शिशिर के तापमानों में ब्रतिषय अन्य स्पष्ट अंतर है। उनमें से सर्वाधिक महत्वपूर्ण अंतर यह है (१) ग्रीष्म में दिन १२ घण्टा से अधिक लम्बे होते हैं, और रातें १२ घण्टा से कम लम्बी हाती हैं, जबकि शिशिर में दिन १२ घण्टा से कम होते हैं और रातें अधिक लम्बी हाती हैं, ग्रीष्म में सूर्य दिन के किसी भी निश्चित समय पर जाड़े के उसी समय की अपक्षा क्षितिज के बहुत अधिक ऊपर रहता है, जैसे कि दापहर को। यह ऐसा ही है जैसा कि यह कहना कि जाड़ की अपक्षा ग्रीष्म में दिन के किसी निश्चित समय पर सूर्य की किरणें कम तिरछी पडती हैं (चित्र ४६१)। हमारे अक्षांशों में ग्रीष्म और शिशिर में अन्य अंतर इस प्रकार हैं (२) सूर्योदय एवं सूर्यास्त की दिशा। ग्रीष्म में सूर्य पूर्वोत्तर (north of east) में निकलता है और पश्चिमोत्तर (north of west) में छिपता है। विषुवों (equinoxes) के अवसर पर सूर्य पूर्व में निकलता है और पश्चिम में छिपता है। जाड़ा में सूर्य दक्षिण पूर्व में उदय होता है और दक्षिण पश्चिम में अस्त हाता है।

(४) वायु में आर्द्रता की मात्रा ऋतु के साथ-साथ परिवर्तित होती रहती है; किन्तु कुछ प्रदेशों में गरम ऋतु आर्द्र होती है जबकि अन्य प्रदेशों में गीत ऋतु आर्द्र होती है। (५) कुछ प्रदेशों में ऋतुओं के परिवर्तन के साथ-साथ पवन अपनी दिशा एवं गति का परिवर्तन करती है जैसा कि बाद में बताया जाएगा। कुछ तटों पर यह अग्नि अन्तर अत्यन्त महत्वपूर्ण है। इन दशाओं में पवन की दिशाओं का परिवर्तन तापमान के परिवर्तनों के ही कारण होता है।

हमारी ग्रीष्म ऋतु कब और क्यों होती है ? (Why we have summer when we do ?)—चूँकि पृथ्वी अपने बरातल की ऊष्मा (surface heat) का अधिकतम भाग सूर्य से प्राप्त करती है, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि वर्ष का वह समय जब दिन रातों की अपेक्षा अधिक लम्बे होते हैं, उस समय की अपेक्षा जब दिन रातों की अपेक्षा छोटे होते हैं, अधिक गरम होगा, क्योंकि लम्बे दिन और छोटी रातों का अर्थ यह है कि प्रतिदिन गरमी प्राप्त करने की लम्बी अवधि और गीतल होने की छोटी अवधि होती है; और छोटे दिन एवं लम्बी रातों का अर्थ यह है कि प्रतिदिन गरमी प्राप्त करने की अवधि छोटी और गीतलता प्राप्त करने की अवधि लम्बी होती है। साथ ही साथ, जब दिन लम्बे होते हैं तब सूर्य की किरणें अधिक निम्न में ऊर्ध्वावर होती हैं जैसा कि चित्र ४७१ द्वारा दिखाया गया है, अतः किरणों में गरमी प्रदान करने की अधिक शक्ति होती है। अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि जिसरी की अपेक्षा ग्रीष्म में भूतल केवल प्रतिदिन अधिक घण्टों तक गरम ही नहीं हो जाता है बल्कि जब तक सूर्य चमकता है तब तक प्रति घण्टा ऊष्मा की मात्रा भी अधिक होती जाती है। ये वे तत्कालीय (immediate) कारण हैं जिनसे जाड़ों की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु अधिक उष्ण होती है। वर्ष के एक भाग में अन्य भागों की अपेक्षा ग्रीष्म में दिन अधिक लम्बे क्यों होते हैं, इसके कारण पहले ही दिये जा चुके हैं।

ऋतु-परिवर्तन (Change of seasons)—चित्र ४६१ और ४७१ के अध्ययन से ऋतु-परिवर्तन को समझा जा सकता है। हम पहले देख चुके हैं कि (१) विषुवों (equinoxes—सम्पानों) पर सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा पर ऊर्ध्वावर होती हैं और तब दिन और रात सभी स्थानों पर बराबर होते हैं; (२) वर्क-संक्रान्ति (summer solstice) के अवसर पर उत्तरी गोलार्ध की सूर्य से अधिक ऊष्मा प्राप्त होती है, और मकर-संक्रान्ति (winter solstice) के अवसर पर कम से कम गरमी मिलती है; (३) २१ मार्च से २२ सितम्बर तक उत्तरी गोलार्ध में रातों की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे होते हैं (केवल अति उच्च अक्षांशों को छोड़कर जहाँ पर एक लम्बी अवधि तक निरन्तर दिन रहता है); (४) किसी भी गोलार्ध में वर्ष के आवे भाग में जब रातों की अपेक्षा दिन अधिक लम्बे होते हैं, सूर्य की किरणें कम तिरछी होती हैं; और (५) दिन और रात की मापक लम्बाइयाँ और सूर्य की किरणों का कोण, प्रत्येक गोलार्ध में वर्ष के प्रत्येक आवे भाग में उलट जाते हैं।

चूँकि वर्क-संक्रान्ति के अवसर पर उत्तरी गोलार्ध सबसे अधिक गरम और मकर-संक्रान्ति के अवसर पर सबसे कम गरम होता है, अतः पहली नजर में तो ऐसा

ज्ञात होगा कि य तिथिया ग्रमश ग्रीष्म और जाड की ऋतुजा का मध्य बिन्दु होगी, किन्तु वास्तव में ऐसा नहीं है। अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि किसी निश्चित अक्षांश का तापमान पूर्ण रूप से ऊष्मा की उस मात्रा पर निर्भर नहीं है जो उस समय उसे सूर्य से प्राप्त हो रही होती है। दूसरी बात यह है कि दोनों गोलार्द्धों में एक ही अक्षांश पर सूर्य से मिलने वाली ऊष्मा (insolation) का महत्त्व विषुव के समान समान होता है, अतः प्रथम दृष्टि में यह ज्ञात होगा कि दोनों गोलार्द्धों में एक ही अक्षांश का तापमान इन अवसरों पर समान ही होना चाहिए, किन्तु यह तथ्य भी वास्तविक नहीं है। उदाहरण के लिए, हमारे अपने अक्षांश (लगभग ४०° उ० अ०) पर २२ सितम्बर की अपेक्षा २१ मार्च का दिन अधिक शीतल होता है।

हमारे अक्षांश के स्थान महाविषुव (vernal equinox) के अवसर की अपेक्षा गरम-विषुव (autumnal equinox) के अवसर पर अधिक गरम क्या होते हैं, इसका कारण यह है कि शीघ्र ही समाप्त हुई ग्रीष्म ऋतु की ऊष्मा पूर्ण रूप से अभी नष्ट नहीं हुई होती है। मिट्टी एवं चट्टानों और तल का जल अब भी ग्रीष्म की कुछ ऊष्मा को रोकें रखत हैं। अतः इस समय उत्तरी गोलार्द्ध का तापमान उस तापमान से ऊँचा होता है जो पूर्णतः सूर्य से मिलने वाली दैनिक ऊष्मा पर निर्भर करता है। दूसरी ओर, महाविषुव के अवसर पर तापमान उस तापमान से नीचा होता है जो उस समय मिलने वाली सूर्य की गरमी से उचित प्रतीत होता है, क्योंकि जाड़े की शीतलता उसके अभी समाप्त होने के कारण अभी सम्पूर्ण रूप में नष्ट नहीं हो पाती है। मिट्टी, तल की चट्टानों और जल अब भी, अभी समाप्त होने वाली जाड़े की ऋतु का कुछ शीतलता को रोकें रखत हैं। पतझड़ की ऊष्मा की अपेक्षा बसंत का शीत अपेक्षाकृत अधिक स्थायी होता है क्योंकि यह कुछ अर्थों में हिम (ice), शीन (snow) और जमी हुई भूमि में 'संचित' (stored up) रहता है।

इसी प्रकार उत्तरी गोलार्द्ध में हमारी वन-मर्यादित वन का उष्णतम भाग और दक्षिणी गोलार्द्ध में सबसे अधिक ठण्डा भाग नहीं होता है, क्योंकि उत्तरी गोलार्द्ध में ग्रीष्म की ऊष्मा बची हुई शीतल ऋतु के प्रभाव पर पूर्ण रूप से विजय नहीं कर पाती है, और दक्षिणी गोलार्द्ध में बची हुई ग्रीष्म की ऊष्मा अब भी शीत को कम कर रही होती है। अतः अधिकतम ऊष्मा का समय अधिकतम तपस्व की ऋतु के पीछे आता है। इसी प्रकार अधिकतम शीत का समय कम से कम तपस्व की ऋतु के बाद से पहले नहीं आता है। अन्य जलाशयों में यह पिछड़ना लगभग एक मास का समय ले लेता है, परन्तु स्थल के ऊपर की अपेक्षा सागर के ऊपर यह पिछड़ना अधिक होता है क्योंकि स्थल जल की तुलना में अधिक शीघ्रता से गरम एवं शीतल होता है।

अन्य अक्षांशों में ऋतुएँ (Seasons in other latitudes)—अपने अक्षांश की अपेक्षा अन्य अक्षांशों में वन के उपविभागा पर ध्यान देने से इस सम्बन्ध का मूल सिद्धान्त के समझने में सहायता मिलेगी। उदाहरण के लिए भूमध्यरेखा पर प्रत्यक्ष वन सूर्य की किरणों का बार-बार ऊर्ध्वविर पड़ती है, अर्थात् विषुव के अवसरों पर।

वर्ष में दो बार सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा से $23\frac{1}{2}^{\circ}$ पर भी ऊर्ध्वाधर होती हैं, एक बार उत्तर की ओर और एक बार दक्षिण की ओर। अतः भूमध्यरेखा पर ऐसी दो ऋतुएँ होती हैं, जो दो अन्य ऋतुओं, जो हमारे मध्य-ग्रीष्म एवं मध्य-शिशिर के अवसर पर होती हैं, की अपेक्षा कुछ अधिक गरम होती हैं। भूमध्यरेखा पर तापमान में अन्तर हमारे अपने अक्षांश की अपेक्षा बहुत कम होता है, क्योंकि दिन और रात की लम्बाई कभी अलग-अलग नहीं होती है और सूर्य की किरणों का कोण केवल $23\frac{1}{2}^{\circ}$ बदलता है, जबकि हमारे यहाँ मध्य अक्षांशों में वह 46° बदलता है। अतः भूमध्यरेखा पर यद्यपि वर्ष का विभाजन चार भागों में है, तथापि वे मध्य अक्षांशों के विभागों के साथ पर्याप्त घनिष्ठ रूप से मेल नहीं खाते हैं। विषुवो पर केन्द्रित दो विभाग एक समान होते हैं और वे सक्क्रान्तियों पर केन्द्रित दो भागों (जो आपस में एक समान होते हैं) की अपेक्षा अधिक गरम होते हैं। यह कहा जा सकता है कि भूमध्यरेखा पर ऋतुओं के दो जोड़े हैं।

उच्च अक्षांशों में दशा और भी भिन्न है। 35° उ० अक्षांश पर ऋतुओं का क्रम सामान्यतः ध्रुवीय वृत्तों के ऊपरी अक्षांशों में होने वाली दशाओं का उदाहरण देने के लिए लिया जा सकता है। सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा के दक्षिण 15° द० अक्षांश पर जब ऊर्ध्वाधर रहती हैं (D , चित्र ४७१), तब 35° उ० अक्षांश पर दोपहर को सूर्य क्षितिज पर दिखाई देगा (d , चित्र ४७१), क्योंकि यह अक्षांश उस स्थान से 50° पर होता है जहाँ सूर्य की किरणें ऊर्ध्वाधर हैं। सूर्य की किरणें जब 15° द० की अपेक्षा और भी दक्षिण में ऊर्ध्वाधर होती हैं तब 35° उ० अक्षांश के स्थानों पर सूर्य की किरणें नहीं पड़ती हैं। जब सूर्य की किरणें 15° उ० अक्षांश पर ऊर्ध्वाधर होती हैं (B , चित्र ४७१), अथवा और भी अधिक उत्तर किसी अक्षांश में ऊर्ध्वाधर रहती हैं (B , चित्र ४७१), अथवा और उत्तर किसी अक्षांश पर, तब 35° उ० अक्षांश पर का कोई स्थान चौबीस घण्टों के दिन के किसी भी भाग में अंधेरे में नहीं रहेगा। जब 15° द० और 15° उ० अक्षांशों के बीच किसी अक्षांश में सूर्य की किरणें ऊर्ध्वाधर होगी तब 35° उ० अक्षांश का एक भाग प्रकाशित होगा और उस अक्षांश पर सभी स्थान चौबीस घण्टों के दिन की अवधि में एक के बाद दूसरा (alternating—एकान्तर) भाग प्रकाश और अन्धकार पाते रहेंगे (चित्र ४७१ के नीचे की व्याख्या देखिए)।

35° अक्षांश में वर्ष के प्राकृतिक रूप से चार विभाग हैं (१) (ग्रीष्म) जब दिन का प्रकाश निरन्तर रहता है, (२) (शिशिर या जाड़ा) जब निरन्तर अवेग रहता है, (३) (वसन्त) जब दिन के बाद रात और रात के बाद दिन आता है और दिन लम्बे होते हैं, और (४) (पतझड़) जबकि दिन और रात के एकान्तरण के साथ रातें लम्बी होती हैं। दूसरे शब्दों में, वर्ष के इस विभाजन के अनुसार ग्रीष्म वह समय होता है जबकि सूर्य 15° उ० से $23\frac{1}{2}^{\circ}$ उ० की ओर बढ़ता हुआ और पुनः 15° उ० की ओर लौटता हुआ प्रतीत होता है (B to A , चित्र ४७१)। पतझड़ वह समय होता है जब सूर्य उस स्थिति से, जहाँ कि इसकी किरणें

१५° उ० पर ऊर्वावर होती हैं, उस स्थिति में जाता हुआ प्रतीत होता है जहाँ कि इसकी किरणें १५° द० पर उध्वाधर होती है (B to D)। शिशिर वह समय होता है जबकि सूर्य १५° द० से २३½° द० को जाता हुआ (D to E) और पुनः १५° द० की ओर आता हुआ प्रतीत होता है, और वसंत वह समय होता है जबकि सूर्य १५° द० से १५° उ० (D to B) का आना हुआ प्रतीत होता है।

यह देखा जा सकता है कि इस प्रकार स की गयी परिभाषायुक्त अनेक ऋतुआ की लम्बाइया एक ही नहीं हैं। ७५° अक्षांश पर ग्रीष्म ऋतु उतनी लम्बी होगी जितनी शिशिर की ऋतु और वसन्त की ऋतु उतनी लम्बी होगी जितनी कि पतपट की ऋतु, किन्तु वसन्त और पतपट ग्रीष्म और शिशिर से लगभग दो गुनी लम्बी होगी क्योंकि वसन्त और पतपट में से प्रत्येक में सूर्य ३०° चलता है और ग्रीष्म और शिशिर में से प्रत्येक ऋतु में वह केवल १७° ही चलता है। इतना ही नहीं, वरन् कई ऋतुआ की लम्बाइया अक्षांश के साथ साथ बदल जाएँगी। ७५° अक्षांश की अपक्षा ८५° अक्षांश पर ग्रीष्म और शिशिर अधिक लम्बी होंगी और वसंत एक पतपट उसी के अनुसार छोटी होगी।

एक प्रचलित विचार यह है कि ध्रुवीय प्रदेशों में प्रति वर्ष छ महीने का एक दिन और छ महीने की रात होती है, किन्तु ऊपर तथा इससे पहले जो कुछ कहा गया है उससे यह प्रकट हो जाएगा कि यह धारणा सही नहीं है। छ महीने का दिन और छ महीने की रात केवल ध्रुवों पर ही होता है।

सूर्य की विभिन्न दूरियों का प्रभाव (Effect of varying distance of the sun)—चूँकि पृथ्वी की कक्षा एक दीघवृत्त (ellipse) है, अतः सूर्य से पृथ्वी की दूरी वर्ष में बदलती रहती है। इस कारण से पृथ्वी प्रतिदिन ऊष्मा की जो मात्रा प्राप्त करती है वह कुछ बदलती रहती है। ऊष्मा उम समय अधिक होती है जबकि पृथ्वी सूर्य के अधिक समीप होती है और उम समय कुछ कम हो जाती है जबकि पृथ्वी सूर्य से अधिक दूरी पर होती है। किन्तु पृथ्वी की सूर्य में बदलती हुई दूरियों के कारण पृथ्वी द्वारा प्राप्त ऊष्मा की मात्रा में हानि वाल परिवर्तन अपेक्षाकृत न के तुल्य महत्त्व के हैं। वर्तमान समय में उत्तरी गोलार्द्ध में ग्रीष्म की ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूर्य से अधिकतम दूरी पर होती है (अपसौरिका—aphelion), और शिशिर ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूर्य के निकटतम होती है (उपसौरिका—perihelion)। इससे विपरीत दक्षिणी गोलार्द्ध में ग्रीष्म ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूर्य के निकटतम रहती है और शिशिर की ऋतु तब होती है जबकि पृथ्वी सूर्य से अधिकतम दूरी पर होती है। प्रत्यक्ष १०,००० वर्षों में वस्तुओं की यह दशा विपरीत हो जाती है। वर्तमान समय में उत्तरी गोलार्द्ध अपनी कक्षा सन्नति के अवसर पर एक दिन में सूर्य से जितनी ऊष्मा प्राप्त करता है उसकी अपक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध उत्तरी गोलार्द्ध की मकर सन्नति के अवसर पर कुछ अधिक ऊष्मा सूर्य से एक दिन में प्राप्त करता है।

तापमान पर ऊँचाई का प्रभाव (Effect of altitude on temperature)—कम ऊँचाई की अपक्षा ऊँची ऊँचाई (high altitudes) अधिक शीतल होती है

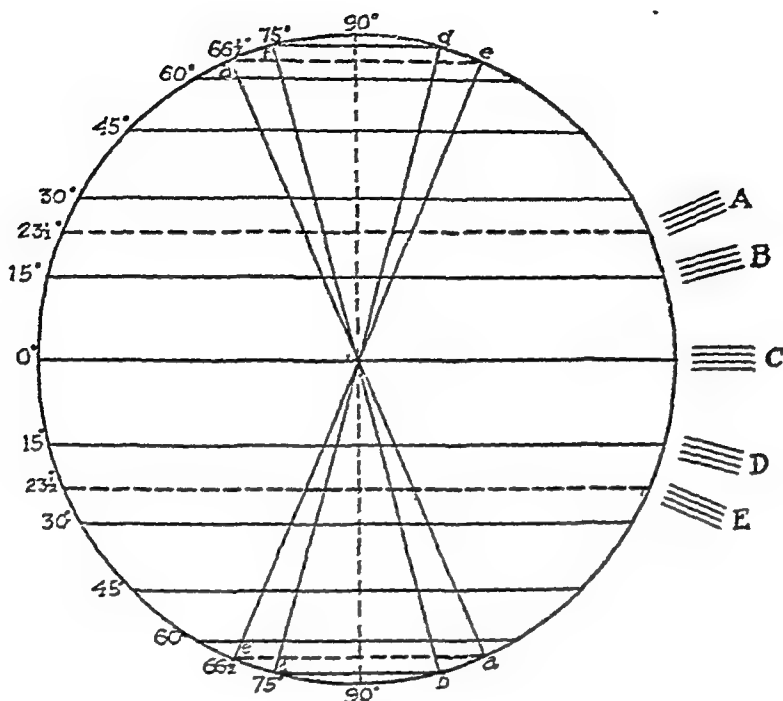


Fig. 471

Diagram to illustrate seasons in latitude 75° . When the sun's rays are vertical at C, the circle of illumination is represented by the line $90^{\circ}-90^{\circ}$. The half of each parallel of 75° is then illuminated, and days and nights on that parallel are therefore equal. The same is true of all other latitudes. When the sun's rays are vertical at B, in latitude 15° N, the circle of illumination is represented by b-b, the whole of the parallel of 75° N is illuminated, and daylight is continuous throughout the twenty-four hours. No part of the parallel of 75° S is illuminated at this time, and on that parallel darkness is continuous. When the sun is vertical at A, in latitude $23\frac{1}{2}^{\circ}$ N, the circle of illumination is represented by a-a. While the sun appears to move from position B to position A and back again to B, the parallel of 75° N is continuously illuminated, while the parallel of 75° S is at the same time is continuously in darkness. When the sun appears to move from the position where its rays are vertical at B to the position where its rays are vertical at D, a part of each parallel of 75° is illuminated, and during this time, therefore, there is light and darkness in the course of the twenty-four hours. When the sun's rays are vertical between B and C, more than half of the parallel of 75° N is illuminated, and less than half of the parallel of 75° S. When the sun is vertical at C the half of each parallel of 75° (and of all other parallels) is illuminated, and days and nights are equal. While the sun appears to be passing from C to D less than half of the parallel of 75° N is illuminated, and more than half of the parallel of 75° S. During this time, therefore, nights are longer than days in latitude 75° N, and days are longer than nights in latitude 75° S. When the sun is in a position where its rays are vertical at D, the circle of illumination is d-d. At this time all of the parallel of 75° N is in darkness, and all of the parallel of 75° S is in light. This condition continues while the sun appears to move on from the position where its rays are vertical at D to the position where its rays are vertical at E, and back again.

और वायुमण्डल के निचले भाग में तापमान की गिरावट की औसत दर लगभग १०० मीटर के चढ़ाव के लिए 1° फा० और १६५ मीटर के लिए 1° सेण्टीग्रेड है। यह उन ऊँचाइयों के लिए है जहाँ निरीक्षण की क्रियाएँ सामान्य हैं। परन्तु ऊँचाई के साथ साथ तापमान की गिरावट, विशेष रूप से नीचे के स्थल जथवा जल के तल के तापमान द्वारा प्रभावित होकर, समय समय और स्थान स्थान पर बदलती रहती है। जहाँ स्थल जथवा जल आण (warm) होता है वहाँ वायुमण्डल के निचले पर तापमान की गिरावट की दर पहले ३० मीटर जथवा उसके आसपास के चढ़ाव के लिए अत्यधिक तीव्र होती है। वायु में लगभग १३ मीटर (एक मील) के चढ़ाव का जय तापमान की गिरावट के विषय में लगभग वही है जो ध्रुव की दिशा में लगभग १२६० किलोमीटर (८०० मील) जान पर होता है।

जब वायु ऊपर का उठती है तब वह फैलन लगती है क्योंकि उसके ऊपर की वायु का भार उसको दबाने के लिए कम हो जाता है, और जब कोई गैस फैलती है तो वह शीतल भी होना लगती है और जब वह दबायी जाती है तो गरम होना लगती है। शुष्क वायु प्रत्येक लगभग १६ मीटर (१८३ फुट) के चढ़ाव के लिए लगभग 1° फा० शीतल हो जाती है। जहाँ चाहिए (और १०० मीटर के लिए 1° सेण्टीग्रेड)। आद्र वायु विस्तार के साथ अति कम तीव्रता से शीतल होती है जिसके कारण बाद में जल हाग। इसके विपरीत, जब वायु नीचे को उतरती है तो वह गरम और अधिक घनी होती जाती है।

ऊँची ऊँचाइयों नीची ऊँचाइयों की अपेक्षा अधिक ठण्डी होती है। इसका मुख्य कारण यह है कि ऊपर वायु कम घनी होती है, किन्तु पृथ्वी ऊँचाइयों के उदाहरणों में उनके शीतल होना का कारण यह भी होता है कि वे पूर्ण रूप से खुली हुई होती हैं। कम घनी वायु (अ) सूर्य की सीधी (प्रत्यक्ष—direct) किरणों से कम ऊष्मा का ग्रहण करती है, इसका मुख्य कारण यह है कि उसमें वायुन डाइ ऑक्साइड, जलवाष्प और धूल की मात्रा कम होती है, और (जा) कम घनी होना के कारण नीचे के तल में जान वाली ऊष्मा का राक बचने में कम समय होती है।

ग्रीष्म ऋतु में धूप के दिनों में, नगे तला वाले पर्वतों के धूप वाले पाश्व (sides) हिम से रहित होने के कारण अति उष्ण हो जाते हैं। यदि वायु, उष्ण शैल के तल के सम्पर्क में जबिक समय तक रहे तो वह विशेष रूप से गरम हो जाएगी, किन्तु वह नियम के अनुसार, विशेषकर उन स्थानों ऊँचाइयों के आसपास जिनकी ऊँचाइयाँ उल्लेखनीय होती हैं, शीघ्र ही आगे का बढ़ जाती है। अतः अय और अपेक्षाकृत शीतल वायु द्वारा हटायी जान में पहले वह नाममान को ही गरम हो पानी है। अतः उच्च पर्वतों के धूपदार पार्श्वों पर शैल के तला और ऊपर की वायु के तापमान में बहुत अंतर हो सकता है।

इसके विपरीत, पर्वतों पर अनेक दिन एस भी हो सकते हैं जबकि बादल छाये रहें और वे शिलाओं का धूप (सूर्य) से बचाते रहें। इससे नीचे स्थला के तापमान की तुलना में पर्वतों पर का औसत तापमान कम हो जाता है।

साथ ही साथ, जो पर्वत बहुत ऊँचे हैं और इतने ढालू भी नहीं हैं कि वर्ष भर हिम को न रोक सकें, वहाँ उनके तल 32° फा० के तापमान से ऊपर कभी भी ओष्ण (warmed) नहीं हो पाते हैं। लगभग १२ किलोमीटर (७ मील) की ऊँचाई तक गुद्वारों द्वारा तापमान का निरीक्षण किया गया है। मौसम सूचक गुद्वारे लगभग २६ किलोमीटर (१६ मील) की ऊँचाइयों तक ऊपर गये हैं। ऐसे तापमापकों द्वारा जो स्वयं लेखा करने हैं (self-registering thermometers), इसी उद्देश्य से ऊपर भेजे गये मौसम सूचक गुद्वारों (sounding balloons) में -60° फा० के तापमान बार-बार अंकित किये गये हैं। एक बार १४,५०० मीटर (४७,६०० फुट) की ऊँचाई पर -20° फा० का तापमान अंकित किया गया था। इस विशेष स्थिति में लगभग २,००० मीटर (६,५०० फुट) और ऊपर १६,४६० मीटर (५४,१०० फुट) पर -62° फा० का तापमान पाया गया था। ऊँची ऊँचाइयों पर स्वतन्त्र वायु में तापमान उसी ऊँचाई पर पर्वतों के तापमान की अपेक्षा बार-बार कम पाया गया है।

यह ध्यान रखना है कि ऊँची ऊँचाइयों पर स्थल के तल सूर्य द्वारा विलकुल उतने ही प्रभावपूर्ण ढंग से गरम किये जा सकते हैं जितने कि नीची ऊँचाइयों के स्थल

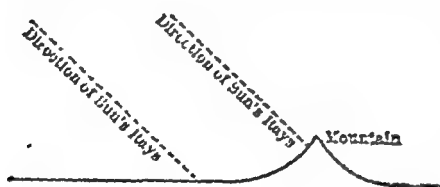


Fig. 472

Diagram to show that the sun's rays may fall less obliquely on a mountain slope than on a plain adjacent. Under these circumstances they have greater heating power, so far as the surface of the land is concerned, on the mountain than on the plain.

के तल किये जा सकते हैं। इस तथ्य की मर्यादा उन उच्च पर्वतीय प्रदेशों में होने वाले परिचित अनुभवों ने मिट है जहाँ वायु के शीतल रहने पर भी शैल-तल अनि ओष्ण (warm) हो सकता है। एक ऐसा पर्वत-तल, जैसा कि चित्र ४७२ में दिखाया गया है, एक सपाट तल की अपेक्षा सूर्य की किरणों को अत्यधिक लम्बवत् रूप में प्राप्त कर सकता है। जब तक सूर्य चमकता रहता है, शिला भी उसी के अनुसार गरम होती रहती है; किन्तु जैसे ही सूर्यास्त होता है वैसे ही गरम चट्टान का तल शीतलाने में शीतल होने लगता है और रात में अधिक नीचे के स्थल के तल की अपेक्षा अधिक शीतल हो सकता है।

यह ध्यान रखने की बात है कि पर्वतों के केवल भूमध्यरेखा की ओर के पार्श्व (उत्तरी गोलार्द्ध में दक्षिणी पार्श्व और दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तरी पार्श्व) किसी सपाट तल की अपेक्षा सूर्य की किरणों को अधिक लम्बवत् रूप में प्राप्त करते हैं। पर्वतों के ध्रुव की ओर के ढाल (उष्ण कटिबन्धीय अक्षांशों में बाहर और कभी-कभी उनके भीतर) सपाट तलों की अपेक्षा सूर्य की किरणों को कहीं अधिक तिरछे रूप में प्राप्त करते हैं और वे प्रतिदिन उनको कम घण्टों तक प्राप्त करते हैं। इसके कारण पर्वतीय प्रदेशों का औसत तापमान कम हो जाया करता है।

मानचित्र में तापमान का प्रदर्शन (Representation of Temperature on Maps)

पृथ्वी के ऊपर तापमान का वितरण और तापमान एवं उसके परिवर्तनों से सम्बंधित विभिन्न अथ तथ्य तापीय मानचित्रों अथवा रेखाचित्रों (thermal maps or charts) द्वारा प्रदर्शित किये जाते हैं। वे जिस सिद्धांत पर बनाये जाते हैं, वह सरल है।

समताप रेखाएँ (Isotherms)—भूतल पर समान तापमान रखने वाले बिंदुओं (स्थानों) को मिलाने वाली एक कल्पित रेखा खींची जा सकती है। ऐसी रेखा को समताप रेखा कहते हैं। वर्ष भर समान औसत तापमान रखने वाले स्थानों को मिलाने वाली समताप रेखा एक वार्षिक समताप रेखा (annual isotherm) कहलाती है। ग्रीष्म में समान तापमान वाले अथवा शिशिर में समान तापमान वाले स्थानों को मिलाने वाली समताप रेखा एक ऋतु सम्बंधी (seasonal) समताप रेखा कहलाती है। इसी प्रकार से मासिक दैनिक इत्यादि समताप रेखाएँ हो सकती हैं। कोई मानचित्र जिसमें वार्षिक, ऋतु सम्बंधी, मासिक, अथवा दैनिक समताप रेखाओं का वितरण दिखाया गया हो, समतापीय मानचित्र अथवा रेखाचित्र (isothermal map or chart) कहा जाता है। पृथ्वी के चारों ओर उच्चतम तापमान की रेखा तापीय भूमध्यरेखा (thermal equator) कहलाती है। यह रेखा सीधी नहीं होती है और सामान्य रूप में भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के कुछ उत्तर में स्थित होती है।

समतापीय रेखाचित्र (Isothermal charts)—चित्र ४७३ में वार्षिक समताप रेखाएँ दिखायी गयी हैं। 50° की समताप रेखा उष्ण कटिबंधीय प्रदेश में पर्याप्त क्षेत्र को घेरे हुए दिखायी गयी है जो दोनों अमरीकाओं से पूरव की ओर उत्तरी आस्ट्रेलिया तक फैला हुआ है। यह समताप रेखा प्रकट करती है कि इसके भीतर घिरे हुए सभी स्थानों का औसत तापमान 50° से अधिक है। 30° की दो समताप रेखाएँ हैं। एक भूमध्यरेखा से उत्तर, और दूसरी उसके दक्षिण में है। 30° और 50° की समताप रेखाओं के मध्य के सभी स्थानों का औसत वार्षिक तापमान 30° से अधिक और 50° से कम रहता है। प्रशांत महासागर में 30° की दो समताप रेखाओं के मध्य सभी स्थानों का तापमान 30° से अधिक और 50° से कम रहता है। मानचित्र में 50° की भी दो समताप रेखाएँ दिखायी गयी हैं, एक उत्तरी गोलार्द्ध में और दूसरी दक्षिणी गोलार्द्ध में। 50° और 30° की समताप रेखाओं के बीच के सभी स्थानों का औसत तापमान इन सीमाओं के भीतर ही रहता है। किसी भी गोलार्द्ध में इन कटिबंधों का अधिक उष्ण भाग (warm portion) उच्चतर समताप रेखा के निकट का भाग है, अर्थात् भूमध्यरेखा के अति निकट।

रेखाचित्र इस सामान्य तथ्य को प्रकट करता है कि भूमध्यरेखीय प्रदेशों में तापमान ऊँचा रहता है और ध्रुवा की ओर नीचा होता जाता है। यह तथ्य यह प्रकट करता है कि समताप रेखाओं और अक्षांशों में सम्बंध है। इस सम्बंध का कारण पहले ही बताया जा चुका है।

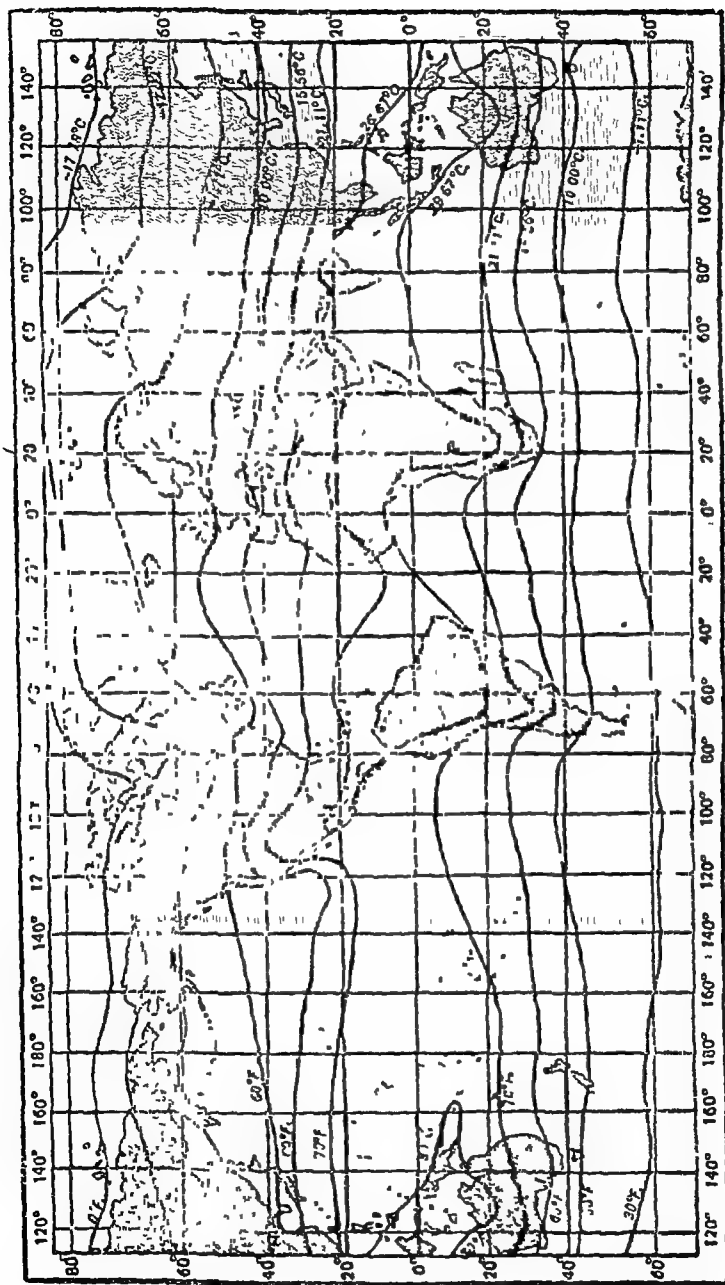
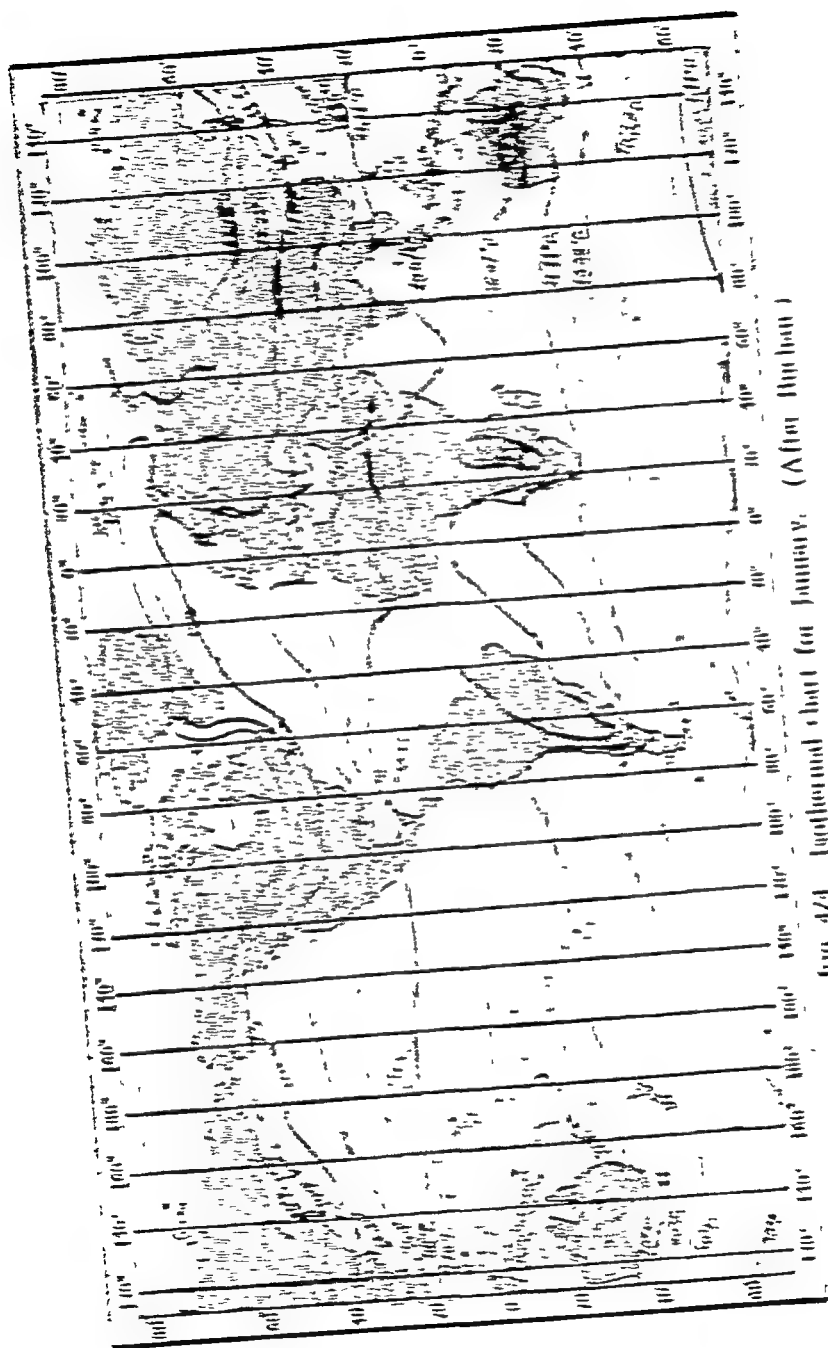


Fig. 473.—Average annual temperature. (After Buchan,)



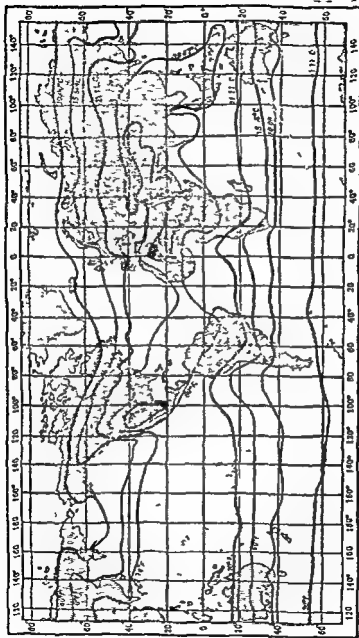


Fig 475—Isothermal chart for July (After Buchan)

चित्र ४७४ जनवरी की समताप रेखाओं को प्रदर्शित करता है। पिछले मान-चित्र के साथ इसकी तुलना करने पर इससे प्रकट होता है कि उच्चतम तापमान का कटिबन्ध और समस्त तापरेखाएँ दक्षिण की ओर खिसक गयी हैं। यह तथ्य कि इस ऋतु में सूर्य भूमध्यरेखा के कुछ दूर दक्षिण की ओर ऊर्ध्वावर चमक रहा है, इस परिवर्तन के लिए एक पर्याप्त कारण प्रतीत होता है। इस निष्कर्ष की परीक्षा जुलाई के समताप रेखा चित्र (चित्र ४७५) के द्वारा की जा सकती है, क्योंकि यदि निष्कर्ष सही है तो तापीय भूमध्यरेखा (the thermal equator) और समस्त समताप रेखाएँ इसमें (चित्र ४७३ अथवा ४७४) की अपेक्षा अधिक उत्तर की ओर पायी जानी चाहिए। चित्र ४७५ सिद्ध करता है कि वास्तविकता यही है।

चित्र ४७४ से प्रकट है कि जनवरी में तापीय भूमध्यरेखा (thermal equator) अधिकांशतः भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के दक्षिण में है, और चित्र ४७५ से प्रकट है कि तापीय भूमध्यरेखा जुलाई में भौगोलिक भूमध्यरेखा के पूर्णतः उत्तर में है। प्रथम दशा में यह दक्षिणी अफ्रीका में (लगभग) 20° द० अक्षांश में है और दूसरी दशा में दक्षिणी-पश्चिमी एशिया में (लगभग) 40° उ० अक्षांश में है। दोनों ही रेखाचित्रों में यह समुद्र की अपेक्षा स्थल पर भूमध्यरेखा से अधिक दूर है। अफ्रीका में पूरी तापीय भूमध्यरेखा जनवरी की अपेक्षा जुलाई में 40° अधिक उत्तर में है और दोनों अमरीकाओं में यह स्थानान्तरण और भी अधिक है।

चित्र ४७४ और ४७५ की तुलना से ज्ञात होता है कि जनवरी और जुलाई के बीच का तापान्तर निचले अक्षांशों की अपेक्षा उच्च अक्षांशों में अधिक है। जैसे हडसन की खाड़ी के दक्षिण में यह 50° है; मौण्ट्रियल में लगभग 40° ; फ्लोरिडा में 30° से कम; और भूमध्यरेखा पर दक्षिणी अमरीका में 10° कम। उन्हीं रेखाचित्रों से यह भी विदित होता है कि एक ही अक्षांश में समुद्र के ऊपर अथवा तटों की अपेक्षा महाद्वीपों के भीतरी भागों में तापान्तर अधिक है।

अक्षांशों पर वायुमण्डलीय तापमान का सामान्य वितरण चित्र ४७६ में दिखाया गया है।

समताप रेखाओं की स्थितियाँ और उनके मार्ग (The positions and courses of isotherms) — (१) समताप रेखाओं और अक्षांशों के बीच के सम्बन्ध का सकेत इस घटना से होता है कि समताप रेखाओं की सामान्य दिशा पूर्व से पश्चिम की होती है। उनमें से कुछ स्पष्ट रूप में अनियमित हैं, किन्तु उनमें से कोई भी किसी पर्याप्त दूरी तक उत्तर-दक्षिण अथवा लगभग उत्तर-दक्षिण नहीं चलती है। उनमें से कुछ का मार्ग लगभग सीधा पूर्व-पश्चिम है, और सम्पूर्ण रूप में यह दिशा उनकी सामान्य दिशा है। किन्तु समताप रेखाएँ अक्षांशों का ठीक-ठीक अनुसरण नहीं करती हैं, अतः यह स्पष्ट है कि उनकी दिशा को निश्चित करने वाला कारक (agent) केवल अक्षांश ही नहीं है। अतएव दिन की लम्बाई और सूर्य की किरणों के कोण के अतिरिक्त कुछ अन्य कारण अथवा कई एक कारणों का प्रभाव

तापमान पर अवश्य होना चाहिए जिसमें समताप रेखाओं की स्थिति प्रभावित होती है।

(२) चित्र ४७३, ४७४ और ४७५ से यह देखा जाता है कि समताप रेखाएँ वहाँ पर अधिक निकटता में मीची हैं जहाँ पर स्थल की मात्रा कम से कम है, और

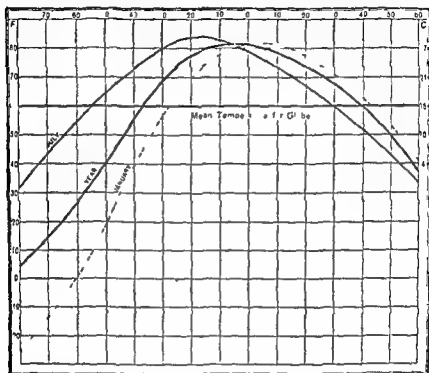


Fig 476

Figure showing distribution of atmospheric temperature in latitude for the year, for January and for July, also the mean temperature of the year for the globe. The figures at the left are Fahrenheit, those at the right Centigrade. The numbers at the top represent degrees of latitude.

वहाँ अधिक ठंडी है जहाँ स्थल अधिक है। उनसे यह मकेत मिलता है कि उनकी स्थिति में स्थल और जल का कुछ हाथ है। इस विचार का अनुसरण करते हुए यह ध्यान रखना है कि जनवरी के रेखाचित्र में 40° की समताप रेखा में घिरा हुआ एक क्षेत्र दक्षिणी अफ्रीका में और दूसरा उत्तरी आस्ट्रेलिया में है। ये दोनों ही क्षेत्र स्थल पर हैं और उनकी समानता का कोई क्षेत्र समुद्र के ऊपर नहीं है। यह भी ध्यान रखना है कि वे क्षेत्र जहाँ तापमान 50° से ऊपर है, स्थल पर ही अधिक विस्तृत हैं, और खुले समुद्र की अपेक्षा स्थल के समीप में अधिक विस्तृत हैं, और साथ ही यह भी ध्यान रखना है कि सबसे अधिक चौड़े महासागर में कोई ऐसा क्षेत्र नहीं

है जहाँ जनवरी का तापमान 50° का औसत प्राप्त करता हो। इन सभी तथ्यों से यह निष्कर्ष पुष्ट होता है कि समुद्र और स्थल समताप रेखाओं की स्थितियों को प्रभावित करते हैं।

इस विचार का और भी आगे तक अनुसरण करते हुए यह देखा जाता है कि मानचित्र ४७४ की कुछ समताप रेखाएँ जल से स्थल को जाते समय कुछ अचानक झुक जाती हैं अथवा इसके विपरीत स्थल से जल की ओर जाते समय झुक जाती हैं। उदाहरण के लिए 40° की समताप रेखा उत्तरी गोलार्द्ध में उत्तरी अमरीका के पश्चिमी किनारे पर यूरोप के तट पर अचानक ही दक्षिण को घूम जाती है। दक्षिणी गोलार्द्ध में 50° और 60° की समताप रेखाएँ अफ्रीका के पश्चिमी तट पर और दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर अथवा उसके निकट अचानक मोड़ लेती हैं। इससे इस निष्कर्ष की पुष्टि होती है कि समताप रेखाओं की स्थिति के साथ स्थल एवं जल का सम्बन्ध कुछ लगाव रखता है। यह बाद में देखा जाएगा कि यहाँ पर जिन समताप रेखाओं का वर्णन किया गया है उनके विचित्र मार्गों को निर्धारित करने में सागर की धाराएँ सहायक होती हैं।

जहाँ तक रेखाचित्र ४७४ का सम्बन्ध है, यह देखा जाएगा कि भूमध्यरेखा के दक्षिण की समताप रेखाएँ पश्चिम से पूर्व को जाते समय स्थल पर ध्रुव की ओर को झुकती हैं जबकि भूमध्यरेखा के उत्तर की समताप रेखाएँ भूमध्यरेखा की ओर को झुकती हैं।

स्थल और जल सूर्य की किरणों द्वारा अति असमान रूप से प्रभावित होते हैं। ग्रीष्म में जल की अपेक्षा स्थल अधिक शीघ्रता से तपता है और इसलिए अधिक गरम हो जाता है। स्थल समुद्र की अपेक्षा अपनी गरमी को भी अति शीघ्रता से निकाल देता है और जाड़े में अधिक शीतल हो जाता है। यह तथ्य, कि कोई समताप रेखा, जैसे कि उत्तरी गोलार्द्ध में 40° की जनवरी की समताप रेखा, उत्तरी महाद्वीपों को पार करने में भूमध्यरेखा की ओर झुकती है, प्रकट करता है कि उसी अक्षांश में जल की अपेक्षा स्थल अधिक शीतल है क्योंकि समताप रेखा महाद्वीपों को पार करते समय भूमध्यरेखा की ओर वही तापमान प्राप्त करने के लिए झुकती है जो इसका जल के ऊपर था। इसके विपरीत, दक्षिणी गोलार्द्ध में जहाँ ग्रीष्म ऋतु है, उसी अक्षांश वाली समताप रेखा स्थल पर पहुँचने पर ध्रुव की ओर उसी तापमान को प्राप्त करने के लिए झुकती है जो समुद्र का है।

ये सब प्राकृतिक घटनाएँ स्पष्ट रूप से संकेत करती हैं कि समताप रेखाओं को अक्षांशों से विचलित करने में स्थल और समुद्र की स्थिति अवश्य ही कुछ कारण बनती है।

यदि अब तक का कहा गया निष्कर्ष सही है तो जुलाई की समताप रेखाओं को जनवरी की समताप रेखाओं के विपरीत होना चाहिए, और उत्तरी गोलार्द्ध में महाद्वीपों पर ध्रुव की ओर मुड़ना चाहिए तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में भूमध्यरेखा की ओर। चित्र ४७५ में, जो जुलाई की समताप रेखाओं को दिखाता है, यह देखा जाता

है कि उत्तरी अमरीका को पार करने वाली प्रत्येक समताप रेखा स्थल पर ध्रुव की ओर मुड़ती है जबकि दक्षिणी महाद्वीपों को पार करने वाली रेखाएँ भूमध्यरेखा की ओर का मुड़ती हैं। कारण यह है कि यह वह ऋतु है जबकि उत्तरी गोलार्ध के स्थल उसी अक्षांश के समुद्रों की अपेक्षा अधिक गरम हैं और जब दक्षिणी गोलार्ध के स्थल अपने पास-पड़ोस के समुद्रों की अपेक्षा अधिक शीतल हैं।

यह देखा जाएगा कि जुलाई में उत्तरी गोलार्ध की समताप रेखाओं की अनियमितताएँ जनवरी में दक्षिणी गोलार्ध की समताप रेखाओं की अपेक्षा अत्यधिक है। सम्भवतः इसका कारण यह है कि दक्षिणी गोलार्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्ध में स्थल की मात्रा अत्यधिक है और समताप रेखाओं के ऊपर छोटे स्थल-खण्डों की अपेक्षा बड़े स्थल-खण्ड अधिक प्रभाव डालते हैं।

ये तथ्य इस विश्वास की पुष्टि करते हुए ज्ञात होने हैं कि स्थल और जल, समताप रेखाओं की स्थिति को प्रभावित करते हैं, किन्तु क्या स्थल और जल का वितरण समताप रेखाओं की समस्त अनियमितताओं का कारण है?

यदि अक्षांशों में समताप रेखाओं के टूटने में स्थल और जल का असमान तापन ही एकमात्र कारण होता तो समताप रेखाओं का मोड़ महाद्वीपों के पूर्वी तटों पर उतना ही स्पष्ट होना चाहिए था जितना कि उनके पश्चिमी तटों पर। किन्तु यह वास्तविकता नहीं है जैसा कि चित्र ४७३ और ४७४ द्वारा दिखाया गया है। साथ ही साथ, उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट के निकट 40° जनवरी की समताप रेखा मुख्यतः स्थल पर मुड़ती है, तट पर नहीं। महाद्वीप के पूर्वी भाग में 30° की समताप रेखा का मोड़ मुख्यतः समुद्र पर है, तट पर नहीं। अतः समताप रेखाओं के मार्ग भी इनके समान हैं। अतः हम परिणाम निकालते हैं कि यद्यपि समताप रेखाओं की अनियमितताओं में स्थल और जल का बहुत अधिक हाथ है, तथापि इसमें अन्य कारण भी निहित (involved) हैं।

(३) अभी-अभी कही गयी विधिनताओं की आंशिक व्याख्या पवनों द्वारा दी जा सकती है। उत्तरी अमरीका के मध्य अक्षांशों में प्रचलित पवनें (prevailing winds) पश्चिम से आती हैं, और पछुआ हवाएँ समुद्र के तापमान (शिथिल में अधिक ओष्ण—warm) को महाद्वीप के पश्चिमी भाग में स्थल के ऊपर तक ले जाया करती हैं और स्थल के तापमान (शिथिल में अधिक शीतल) को उसके पूर्वी भाग में समुद्र के ऊपर तक ले जाती हैं। इससे जनवरी में उत्तरी गोलार्ध में 30° और 40° की समताप रेखाओं के मोड़ों की आंशिक व्याख्या प्राप्त होती हुई जान होती है, किन्तु इससे उत्तरी अटलांटिक महासागर के पूर्वी भाग के ऊपर 30° की समताप रेखा का आश्चर्यजनक उत्तरी फटा और प्रशांत महासागर के उसी भाग के ऊपर का छोटा फटा, स्पष्ट नहीं हो पाते हैं।

पवना के प्रभाव के अन्य उदाहरण सयुक्त राज्य के पश्चिमी तट द्वारा मिलते हैं। जैसे कि जुलाई में (चित्र ४७५) उत्तरी गोलार्ध का स्थल समुद्र की अपेक्षा अधिक गरम है और समुद्र का शीतल तापमान स्थल के ऊपर तक ले जाया जाता

है। अतः पवने इस तथ्य की स्पष्ट करती है कि यहाँ पर समताप रेखाओं के मोड़ समुद्र पर अथवा तट पर न होकर स्थल पर क्यों है।

सामान्यतः समताप रेखाओं की स्थिति पर स्थल और समुद्र के प्रभाव की अपेक्षा पवनों का प्रभाव इन रेखाचित्रों से कम स्पष्ट होता है। ऐसा अंशतः (partly) इस कारण से होता है कि पवन अस्थायी होती है और उनका एक समय का प्रभाव उनके दूसरे समय के प्रभाव को मिटा देता है; अतः मानचित्र केवल औसतों को ही दिखाते हैं।

(४) जनवरी में उत्तरी अटलाण्टिक के ऊपर 40° की समताप रेखा में महान मोड़ स्थल और जल के सम्बन्धों द्वारा अथवा पवनों द्वारा स्पष्ट नहीं होता है। यह उत्तर-पूर्व की ओर बहने वाली महासागरीय जल की एक ओष्ण (warm) धारा के कारण है, जो समताप रेखा के स्पष्ट फन्दे की दिशा में बहती है। वही समताप रेखा एक शीतल धारा द्वारा, जो महाद्वीप के पूर्वी भाग के साथ-साथ दक्षिण की ओर बहती है, उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट से दूर रुक जाती है। अतएव महासागरीय धाराएँ भी समताप रेखाओं की अनियमितताओं का चौथा कारण हैं।

अटलाण्टिक और प्रशान्त की महासागरीय धाराओं द्वारा उत्तर की ओर बहने वाली ऊष्मा की मात्रा अत्यधिक है। क्रौल (Croll)¹ ने अनुमान किया है कि गल्फस्ट्रीम नाम की गरम धारा द्वारा उष्ण कटिबन्ध से लायी गयी ऊष्मा की मात्रा आर्कटिक प्रदेशों द्वारा सूर्य से प्राप्त ऊष्मा की मात्रा के $\frac{1}{2}$ भाग के बराबर है। यह अनुमान लगाया गया है कि उत्तरी अटलाण्टिक में जल के ओष्ण (warm) ध्रुववर्ती संचालन (warm poleward movement) द्वारा इंगलैण्ड का तापमान 10° फा०, नार्वे का 16° फा० और स्पिज बर्गेन (Spitz bergen) का 18° फा० ऊँचा उठ जाता है। इन संख्याओं पर शंका की गयी है और बहुत सम्भव है कि ये संख्याएँ बहुत ऊँची हों; किन्तु इसमें कोई भी उचित शंका नहीं है कि (गल्फस्ट्रीम के) गरम जल ने उत्तर की ओर बहकर उत्तरी-पश्चिमी यूरोप के तापमान को, विशेषकर जाड़े में, अधिक अच्छा बनाने में सहायता की है। गरम जल की ध्रुव की ओर जाने वाली धारा² का तापमान को सम बनाने का प्रभाव (tempering influence) स्पष्ट नहीं है। जल के ऊपर की वायु गरम हो जाती है और यही गरम तथा आर्द्र बनी हुई वायु स्थल के ऊपर चलती हुई उत्तर-पश्चिमी यूरोप के तापमान को ऊँचा उठा देती है।

यह ध्यान रखना चाहिए कि उत्तरी अमरीका के उत्तर-पूर्वी भाग की तुलना में उत्तर-पश्चिमी यूरोप की सम जलवायु का होना केवल गरम जल की ध्रुव की

¹ *Climate and Time*, p. 27.

² उत्तरी अटलाण्टिक के उच्च अक्षांशों में जल के ध्रुव की ओर के संचालन के लिए "गल्फस्ट्रीम" नाम के प्रयोग का उचित होना सन्देहयुक्त है। न्यूफाउण्डलैण्ड के अक्षांश के उत्तर "धारा" अति अनिश्चित है।

आर जाने वाली घाग के ही कारण नहीं है। यदि गाल्फ स्ट्रीम नहीं भी होती तो भी उत्तर-पश्चिमी यूरोप की जलवायु उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट की उसी अक्षांश की जलवायु की अपक्षा अत्यधिक समशीतोष्ण होती, क्योंकि महामागर, जहा म शिशिर की पवनें यूरोप के उस भाग में चलती है, उस स्थल की अपेक्षा अधिक गरम रहता है जहाँ से शिशिर की पवनें अटलाण्टिक के पश्चिमी भाग पर उठी अक्षांश में चलती है। इसी प्रकार ग्रीष्म की उष्मा उत्तर पूर्वी उत्तरी अमरीका की अपक्षा उत्तर पश्चिमी यूरोप में कम चरमता (extreme) पर रहती है।

(५) समताप रेखाओं में अनियमितताओं के अन्य छोटे कारण स्थलाकृतिक सम्बन्धों (Topographic relations), घरातल के लक्षण (Characteristics of the surface), आद्रता की मात्रा (Amount of moisture), आदि के कारण होते हैं। पर्वतों द्वारा घिरा हुआ कोई द्रोणी प्रदेश (basin region) ग्रीष्म में उस प्रदेश की अपक्षा जो दम प्रकार में घिरा हुआ नहीं है, अधिक गरम हो जाता है। इसका कुछ कारण तो यह है कि वायु चारों ओर से भीतर की परावृत्त (reflected) और विकीर्ण (radiated) हुई उष्मा द्वारा गरम हो जाती है, और साथ ही माघ नितन में परावृत्त एवं विकीर्ण उष्मा द्वारा भी गरम हो जाती है। कुछ कारण यह है कि पैरन वाले पर्वत वायु में चढ़ने की स्वतन्त्रता को रोकते हैं। किसी आद्र तल की अपेक्षा किसी शुष्क तल में वाष्पीकरण कम होता है, और चूँकि वाष्पीकरण किसी तल को स्पष्ट रूप में शीतल कर देता है, अतः किसी आद्र तल की अपेक्षा कोई शुष्क तल, यदि जय परिस्थितियाँ समान हों, अधिक गरम होगा। मिट्टी का रंग, वनस्पति का होना अथवा अभाव, आदि भी उष्मा के ग्रहण किये जाने और विकिरण का प्रभावित करते हैं।

जुलाई में समुद्रन गज्य के दक्षिण-पश्चिमी भाग में उच्च तापमान (६०° और ऊपर) में स्थलाकृतिक सम्बन्धों का पर्याप्त भाग होता है। मिट्टी की शुष्कता और उसके ऊपर की वायु की शुष्कता भी तापमान को ऊँचा कर देती है। उत्तरी अफ्रीका (जुलाई) और आस्ट्रेलिया (जनवरी) में उच्च तापमान के क्षेत्र (६०° और ऊपर) में तापमान को ऊँचा बनाने में शुष्कता सहायक होती है।

ऊँचाई (Altitude)—यह पहले ही बताया जा चुका है कि तापमान पर ऊँचाई का एक विशेष प्रभाव पड़ता है। किन्तु चित्र ४७३ से चित्र ४७५ तक के चित्रों का अध्ययन करने से प्रतीत होता है कि समताप रेखाओं और तल की उदभृति (relief) के बीच कोई सम्बन्ध नहीं होता है। इसका कारण यह है कि समताप रेखाचित्रों (isothermal charts) में सभी समताप रेखाएँ समुद्र के तल के ही अनुसार दिखायी जाती हैं। लगभग १०० मीटर के लिये १° फा० की औसत दर (average rate) पर ऊँचाई के लिए छूट देकर ऐसा किया जाता है। उदाहरण के लिए, मान लें कि यदि १००० मीटर की ऊँचाई पर किसी स्थान का तापमान ६०° है तो उस तापमान को रेखाचित्र में ७०° (६०° + १०°) दिखाया जाता है। यदि वह स्थान लगभग २,००० मीटर समुद्र तल से ऊपर होता तो तापमापी (thermometer) द्वारा अंकित तापमान में, उस सख्या को मानचित्र में दिखाते समय २०° फा०

और जोड़ दिया जाता। अतएव समताप रेखाचित्रों का उद्देश्य उन तापमानों को दिखाना होता है जो उस समय होते जबकि स्थल समुद्र-तल पर होते।

तापीय रेखाचित्रों (thermal charts) द्वारा अनेक अन्य विषयों पर भी दिखाया जा सकता है। किसी रेखाचित्र में प्रत्येक स्थान के तापमान का उसके अधाज के सामान्य (normal) तापमान से विचलन (departure) दिखाया जा सकता है। ऐसा विचलन असामान्य तापमान (abnormal temperature) कहलाता है। समान असामान्य तापमान रखने वाले स्थानों को जोड़ने वाली रेखाएँ स-असामान्य रेखाएँ (is-abnormal or is-anomalous) रेखाएँ कहलाती हैं। वे वर्ष अथवा किसी ऋतु अथवा किसी महीने के लिए (चित्र ४७७ और ४७८) बनायी जा सकती हैं। समान वार्षिक तापान्तर की रेखाओं (चित्र ४७९), औसत अधिकतम तापमानों (चित्र ४८०), और औसत न्यूनतम तापमानों (चित्र ४८१) को दिखाने वाले रेखाचित्रों को बनाया जा सकता है। प्रथम प्रकार के रेखाचित्र वर्ष भर के उच्चतम तापमानों के औसत द्वारा, तथा द्वितीय प्रकार के रेखाचित्र वर्ष भर के निम्नतम तापमानों के औसत द्वारा प्राप्त होते हैं। किसी स्थान के लिए उच्च तापमान नितान्त उच्च (absolute maximum) और नीचे तापमान सबसे नीचे (minimum) तापमान होंगे। चित्र ४८२, सहारा में नितान्त अधिकतम तापमान 120° से अधिक दिखाता है और न्यू साउथवेल्स (ऑस्ट्रेलिया) एवं सयुक्त राज्य के दक्षिण-पश्चिमी भाग में केवल कुछ ही कम तापमान को प्रकट करता है। निम्नतम अंकित तापमान उत्तर-पूर्वी एशिया में है।

समतापीय तल (Isothermal surface)—समान तापमान रखने वाले सभी बिन्दुओं को जोड़ते हुए कोई तल खींचा जा सकता है। उदाहरण के लिए, 30° का वार्षिक समतापीय तल समुद्र-तल पर होगा जहाँ चित्र ४७३ में 30° की समताप रेखाएँ दिखायी देती हैं। इन समताप रेखाओं में एक भूमध्यरेखा के उत्तर और दूसरी दक्षिण में है। इन रेखाओं से भूमध्यरेखा की ओर किसी भी गोलार्द्ध में 30° समतापीय तल समुद्र-तल से ऊँचा उठ जाएगा। दक्षिणी अमरीका के उत्तरी भाग में समुद्र-तल पर तापमान लगभग 30° है। अतः इसका तापमान 30° के समतापीय तल के तापमान से लगभग 40° ऊपर है। वह तल यहाँ पर १०० मीटर (330 फुट) का लगभग ५० गुना अथवा समुद्र-तल से $4,030$ मीटर ($13,200$ फुट) ऊपर है। जहाँ 40° की समताप रेखा उत्तरी अमरीका को पार करती है (चित्र ४७३) वहाँ समुद्र-तल पर तापमान 30° के समतापीय तल के तापमान से 20° ऊपर है। इस अधाज पर 30° का तापमान पाने के लिए हमें वायु में पर्याप्त ऊँचे उठना होगा ताकि 20° की कमी पूरी हो सके, अर्थात् १०० मीटर (330 फुट) का २० गुना अथवा २,००० मीटर ($6,600$ फुट)।

उत्तरी गोलार्द्ध में 30° की समताप रेखा के उत्तर (चित्र ४७३) समुद्र के तल पर तापमान 30° से कम है। अतः इन अधाजों में 30° का तापमान पाने के लिए हमें समुद्र के तल से नीचे जाना होगा।



Fig. 478

Chart showing the is-annual temperatures for July. The minus signs indicate temperatures below the average. The chart shows ranges much above normal on land in the northern hemisphere, and much below normal on sea. The changes are less striking in the southern hemisphere. Why? (*After Batchelder*)

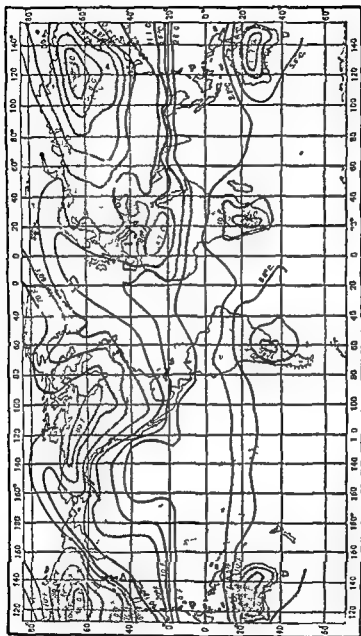


Fig 479

Chart showing annual mean range of temperature. The range is much greater on land than on sea
(After Connolly)

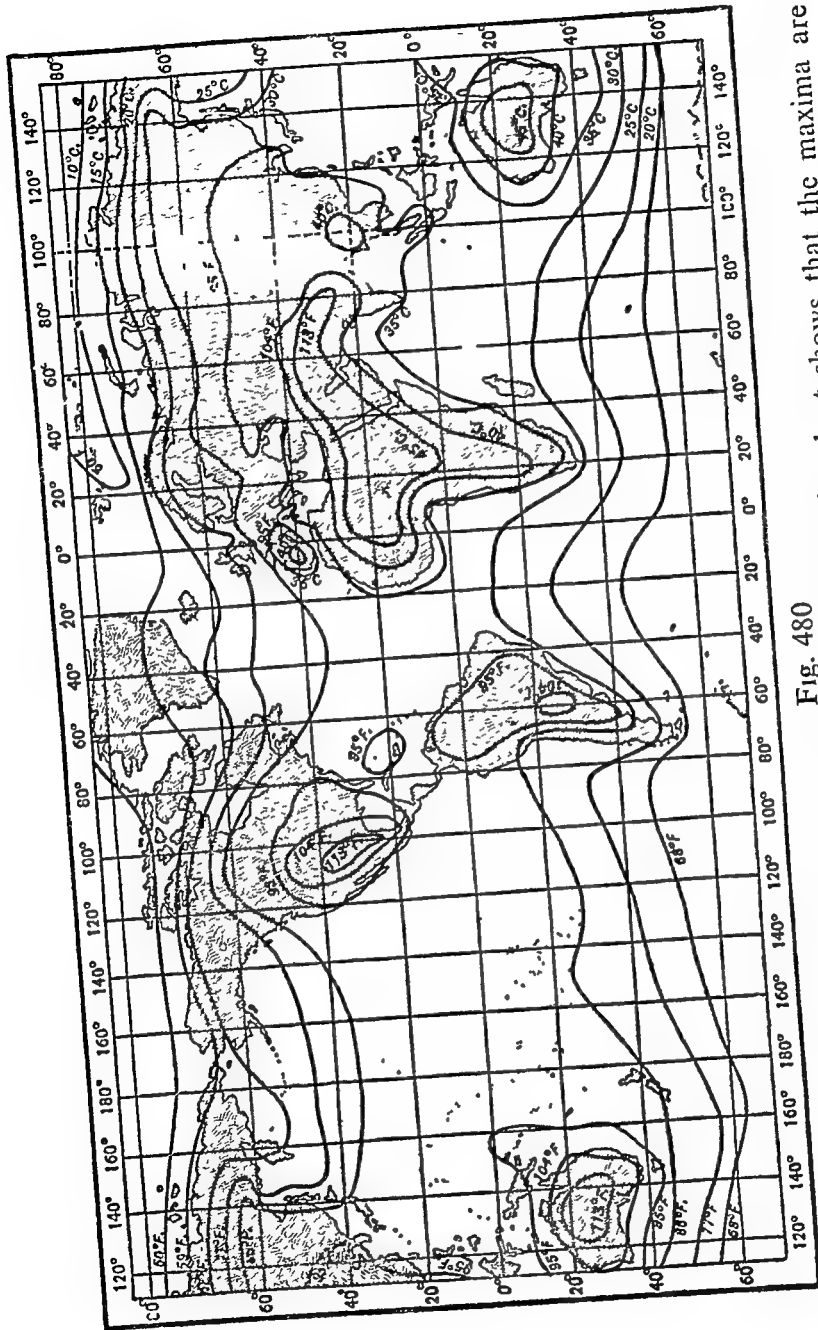


Fig. 480

The chart shows that the maxima are much greater on land than on sea. (After van Beber)

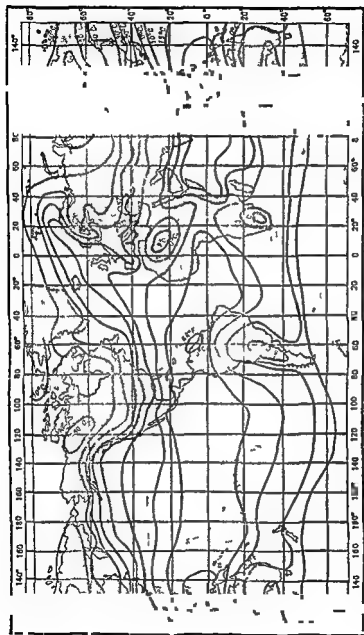


Fig 481

Chart showing average annual minimum temperatures on the continents than on the oceans. The minima are showing to be much lower Why ? (After van Bibber)

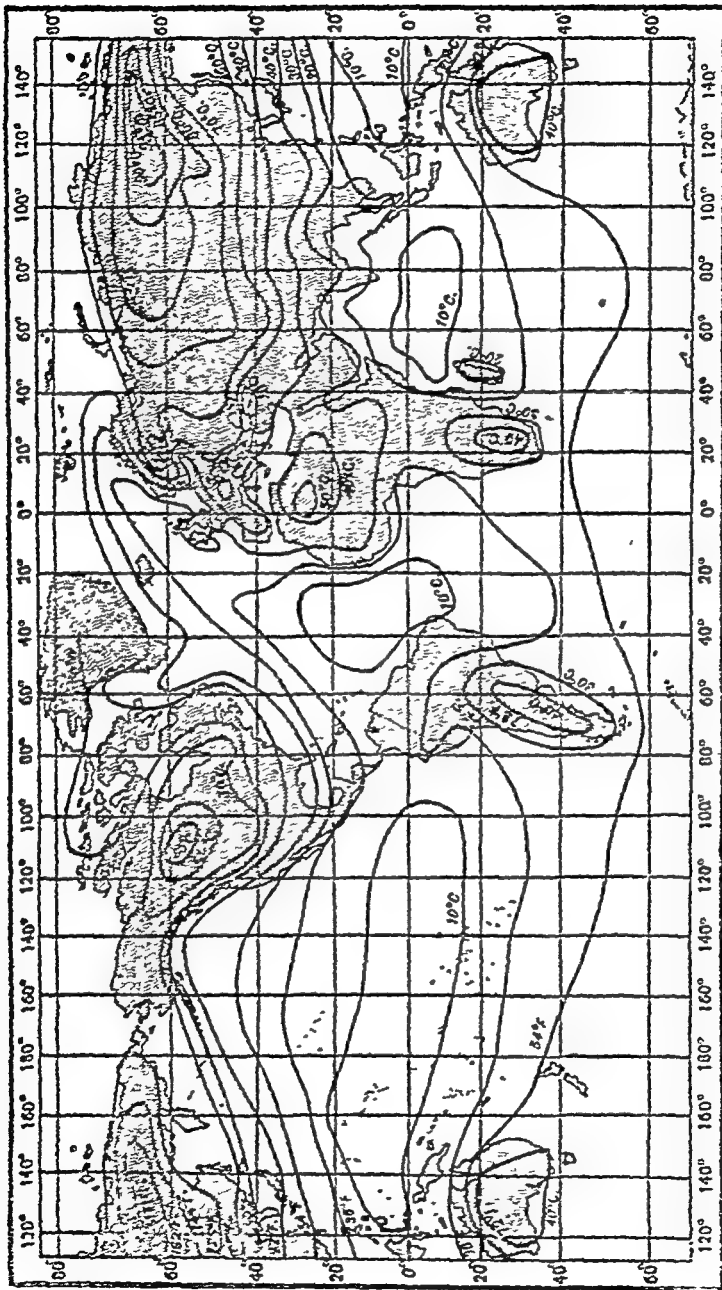


Fig. 482

Extreme annual range of temperature. The extremes are far greater on the continents than on the oceans. Why? (*After van Behber*)

समुद्र तल से नीचे तापमान की वृद्धि की दर वही नहीं है जो उमके ऊपर घटाव की है और यह स्थल एवं जल के लिए भी समान नहीं है। स्थल के नीचे वृद्धि की दर २७ मीटर से ३० मीटर (८० से ९० फुट) तक के लिए लगभग 1° फा० है। [तन के नीचे, वृद्धि की परीक्षण की गयी दरें (rates) ६ मीटर (१७ फुट) के लिए लगभग 1° फा० से लेकर ५० मीटर (१५० फुट) से अधिक तक के लिए

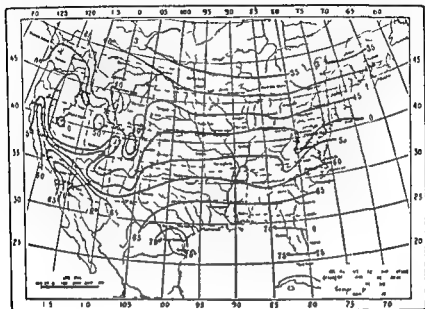


Fig 483

Isothermal chart of the United States for the year
(U S Weather Bureau)

1° फा० तक पायी गयी है।] जहाँ 20° फा० की समताप रेखा महाद्वीप (उत्तरी अमरीका) को पार करती है वहाँ पर 30° फा० का समतापीय तल पान के लिए, हम 10° फा० प्राप्त करने के लिए पर्याप्त दूर तक नीचे जाना चाहिए। यदि वृद्धि की दर २७ मीटर (९० फुट) के लिए 1° है, तो यह निचाई लगभग २४५ मीटर (८०० फुट) होगी अथवा ३०० मीटर (१००० फुट) होगी यदि दर ३० मीटर (१०० फुट) के लिए 1° है।

जब हम वायुमण्डल के संचार (circulation) का विचार करेंगे तब सम तापीय तलों की उचित धारणा महत्वपूर्ण होगी। चित्र ४८६ समतापीय तला के जनवरी और जुलाई में 100° की मध्याह्न रेखा (meridian) के साथ काट (section) दिखाता है। ये काट चित्र ४७४ और ४७५ के आकड़ों पर आधारित हैं।

उपयुक्त विवेचन से यह विदित होगा कि समताप रेखाएँ के रखाएँ होती हैं जहाँ तदनुकूल (corresponding) समतापीय तल (isothermal surfaces) पृथ्वी पर समुद्र तल के तदनुकूल स्तर का स्पर्श करते हैं।

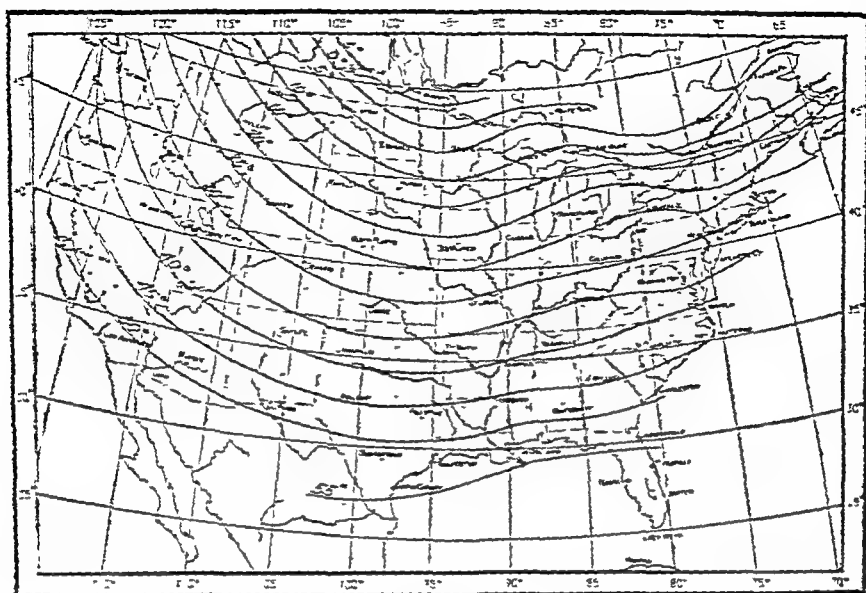


Fig. 484

Isothermal chart of the United States for January.
(U. S. Weather Bureau)

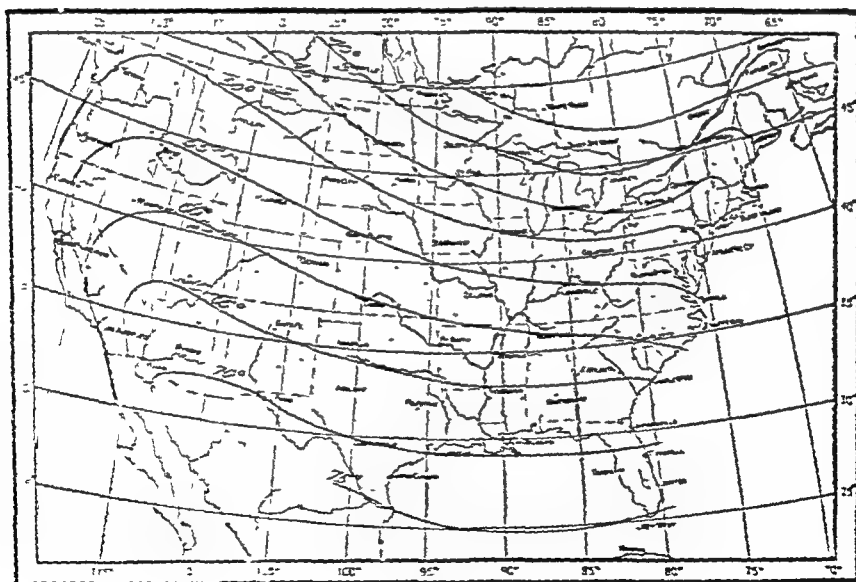


Fig. 485

Isothermal chart of the United States for April. The isotherm of 50° for January is not far from the isotherm of 70° for April. The isotherm of 50° is about 13° farther north in April than it was in January, in the central part of the Mississippi basin.
(U. S. Weather Bureau)

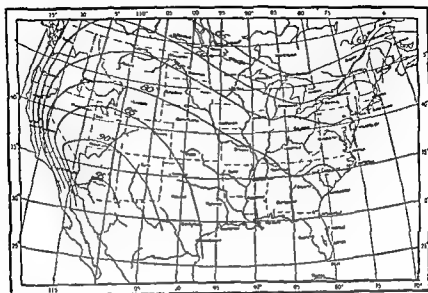


Fig 486

Isothermal chart of the United States for July. The isotherm of 65° is about 14° farther north than it was in April in the central Mississippi basin (U S Weather Bureau)

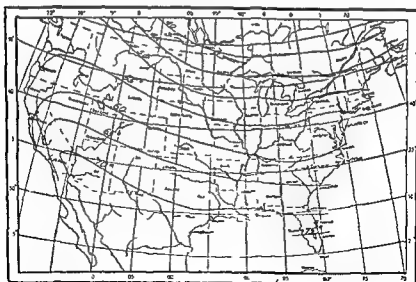
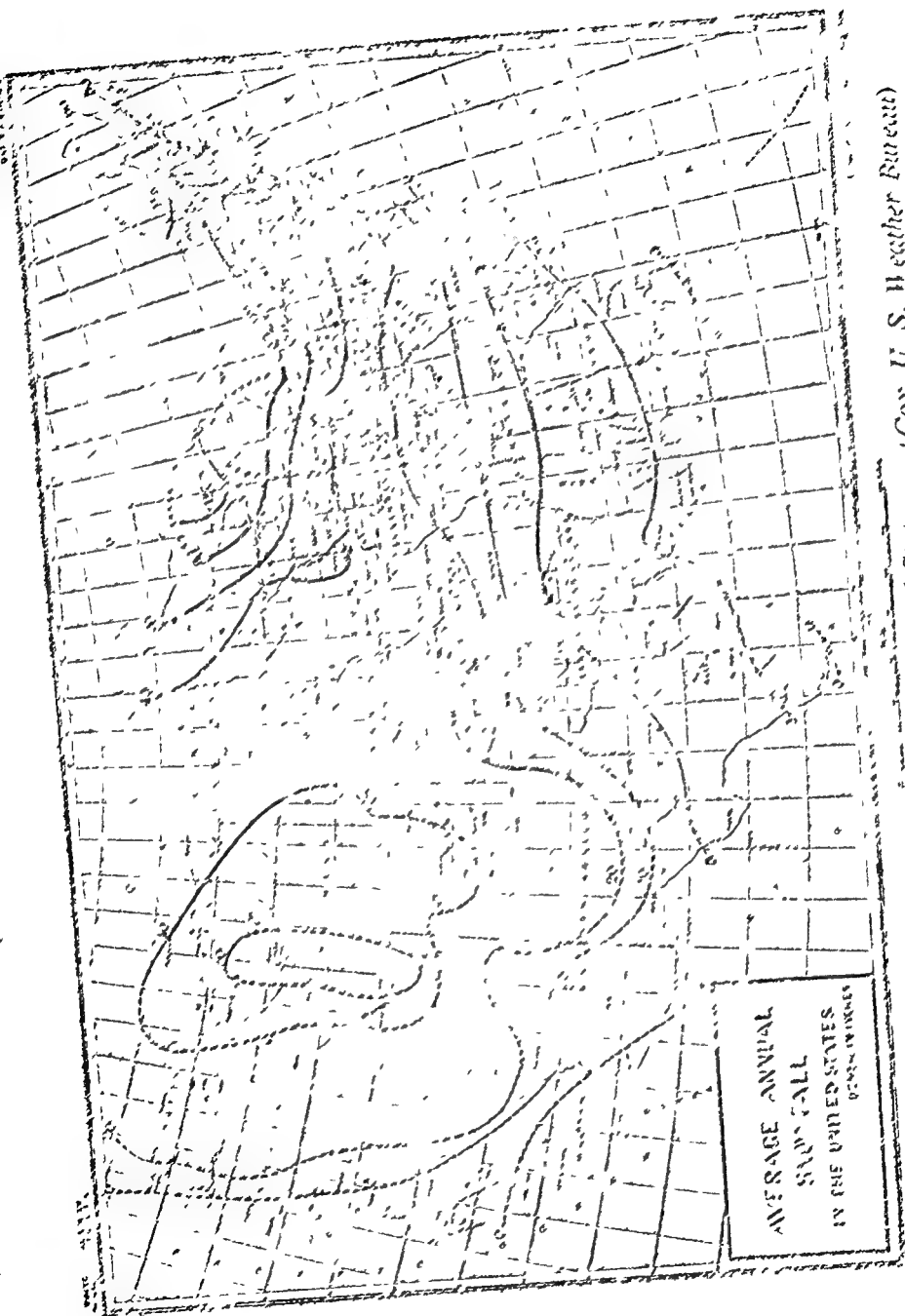


Fig 487

Isothermal chart of the United States for October. The isotherm of 70° is about 14° farther south than it was in July, in longitude 90° (U S Weather Bureau)



(Cov. U. S. Weather Bureau)

Fig. 488—Average annual snowfall in the United States.

विकिरण द्वारा जीनल होने की अपेक्षा के अधिक शीघ्रता से तापित हो रहते हैं क्योंकि तापमान बढ़ता रहता है। जैसे-जैसे तापमान बढ़ता है वैसे ही वैसे विकिरण भी बढ़ता है (चित्र ४६० B), किन्तु आरम्भ में वह सूर्यनाप के माप नहीं बन पाता है क्योंकि तापमान का उठाव दोपहर के कुछ समय बाद तक चालू रहता है। यह तथ्य, अर्थात् उम समय के तापमान की गिरावट, यह प्रकट करता है कि उम समय का विकिरण सूर्यनाप में अधिक हा जाता है। चित्र ४६० C सूर्यनाप के वक्र को उसके विकिरण के वक्र के सम्बन्ध में ही प्रकट करता है।

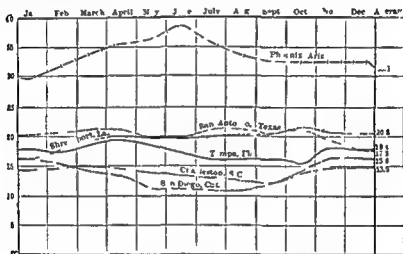


Fig 491

Curves showing the average daily range of temperature for certain type stations for each month. The figures at the right show the average daily range for each station. The great range at Phoenix is the result of high altitude and aridity (U S Weather Bureau)

चित्र ४६१ में छः स्थानों का औसत दैनिक तापान्तर महीना के हिमाक्ष में दिखाया गया है। सैन डीगो (San Diego), फोइनिक्स (Phoenix), श्रीवपोर्ट (Shreveport) और चार्ल्सटन (Charleston) लगभग एक ही अक्षांश में हैं (३३° के समीप)। सभी स्थान पछुवा हवा का ही पटी में हैं। प्रशान्त महासागर तट पर सैन डीगो का औसत दैनिक तापान्तर लगभग १४° फा० है। फोइनिक्स जो म्यास पर भीतर की ओर स्थित है, बहुत ऊँचा है और शुष्क प्रदेश में है अतः उसका औसत दैनिक तापान्तर लगभग ३३° फा० है। श्रीवपोर्ट का, जो म्यास पर भीतर का ओर तो अवश्य है किन्तु निचार्ड पर स्थित है और प्रचुर आद्रता के प्रदेश में है औसत दैनिक तापान्तर लगभग १७° फा० है। पूर्वी तट पर चार्ल्सटन में यह तापान्तर लगभग १४ फा० है। टम्पा (Tampa) और सैन अन्टोनियो (San Antonio) और भी दक्षिण में हैं और दोनों ही कुछ-कुछ व्यापारिक पवना द्वारा

साइबेरिया में याकुट्स्की (Yakutski) का उदाहरण मिलता है, जहाँ तापांतर 61° से० है।

(३) जिस तट पर प्रचलित पवने महामागर की ओर से आती हैं उमक तापमान का तापान्तर उस तट के तापान्तर की तुलना में कम होता है जिस पर प्रचलित पवन स्थल की ओर से आती है। उदाहरण के लिए, संयुक्त राज्य के प्रशान्त सागरीय तट पर तापमान का तापान्तर उभी अक्षांश में अटलाण्टिक के तट की अपेक्षा कम है, यद्यपि दोनों ही परिस्थितियाँ में पवने पश्चिम से चलती हैं। हैन (Hann) ने दिखाया है कि यूरोप में 40° और 52° की अक्षांश के बीच पश्चिम में पूरब की ओर तापमान के परिवर्तन निम्न प्रकार से हैं। देशान्तर के प्रत्येक 10° पर जाड़ा में 3.1° से० का ह्रास होता है, ग्रीष्म में 0.7° से० की वृद्धि होती है और मध्यमान (mean) वार्षिक तापमान में 1.3° से० का ह्रास होता है।

(४) गरम ऋतु में हिम की उपस्थिति, जैसे कि उच्च अक्षांश और उच्च पर्वतों में, उच्च तापमान को रोकती है, यद्यपि सूर्यताप प्रबल होता है।

विभिन्न मानवीय क्रियाओं पर तापमान के वार्षिक तापान्तर का पर्याप्त प्रभाव होता है। यह वनस्पति एवं मिट्टी में संचयित सभी धन को प्रभावित करता है। तापमान का तापान्तर अथवा स्पष्ट रूप से शिशिर (जाड़े) का तापमान जन-माण के यातायात का प्रभावित करता है। जाटों में नाव चलाने का कार्य बंद हो जाता है उदाहरण के लिए बड़ी झीलें (Great Lakes) पर, क्योंकि उनके किनारों के आसपास हिम जम जाती है। तापमान की निम्नतर सीमा खनिज कार्य की कुछ अवस्थाओं को भी प्रभावित करती है। उदाहरण के लिए, धातु-खनिजोत्खान (placer mining—क्षोभ प्रक्षालन) का कार्य जाड़ा में, उच्च अक्षांशों और उच्च स्थानों में साधारणतः स्थगित कर दिया जाता है। इसका कारण केवल यही नहीं है कि बरफ़ी और रेत जम जाते हैं, बल्कि यह भी है कि खानों में कार्य करने के लिए जिन जन की आवश्यकता पड़ती है वह भी जम जाता है। ऋतु सम्बन्धी तापान्तर के अथ प्रभाव भी मरणात्ता से समझे जा सकते हैं।

वायुमण्डलीय तापमान का वायुमण्डलीय गति पर प्रभाव (Effect of Atmospheric Temperature on Atmospheric Movement)

जब वायु गरम होती है तो वह फैलती है और मात्रा प्रति मात्रा हल्की होती जाती है। यदि हम किसी निश्चित क्षेत्र के ऊपर की वायु का उसके पास पड़ोस से चारा आगे में बढ़, किन्तु ऊपर का खुली हुई मान लें तो वह गरम होने पर ऊपर की पड़ेगी। परिणाम यह होगा कि इसके तल इसके पास पड़ोस के तल से ऊपर उठ जाएगा। यदि इसके पास पड़ोस के तल की अपेक्षा इसके तल उँचा होगा, तो वायु का उपरी भाग पार्श्वों की ओर की ओर उसी प्रकार फैलेगा (उड़कर जाएगा) जम कि इसी प्रकार की परिस्थितियाँ में पानी बहता है। यदि किसी गरम स्तम्भ

(heated column) के शीर्ष पर से कुछ वायु दूर चली जाती है तो स्तम्भ के नितल पर वायु का दबाव पास-पड़ोस की वायु के नितल पर के दबाव की अपेक्षा कम हो जाता है, और यदि समीपवर्ती क्षेत्र की वायु का मार्ग रुका हुआ न होता तो वह अधिक दबाव के क्षेत्र में (जहाँ वायु अधिक घनी है) कम दबाव के क्षेत्र (जहाँ वायु अधिक हलकी है) की ओर आती, परिणामस्वरूप, वायुमण्डल के नितल पर एक क्षैतिज संचार (horizontal movement) होता (चित्र ४६६), अर्थात् केवल एक पवन। अतएव वायु का असमान रूप से गरम होना वायु के चलने का एक कारण है, और चूँकि वायु निरन्तर असमान रूप से ही गरम होती है, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि यह असमान तापन ही वायुमण्डलीय संचालन का एक स्थायी कारण है। कुछ गतियाँ क्षैतिज होती हैं और कुछ ऊर्ध्वाधर; कुछ वायु की निचली परतों में और कुछ उसके ऊपरी भाग में होती है।

वायु का असमान रूप से गरम होना कई एक परिचित पवनो (winds) एवं समीरो (breezes) के उत्पन्न होने का बहुत ही समीपी कारण है।

(१) स्थल एवं सागर की समीरें (Land and sea-breezes)—किमी दूरदूर गरमी के दिन में झील अथवा समुद्र के समीप का स्थल जल की अपेक्षा अधिक गरम हो जाता है। परिणाम यह होता है कि स्थल के ऊपर की वायु किसी गरम दिन में जल के ऊपर की वायु की अपेक्षा स्पष्ट रूप से अधिक गरम हो जाती है। स्थल के ऊपर की फैली हुई निचली वायु उसके ऊपर की वायु को अधिक घना बना देती है, और इस प्रकार वायु के नितल के ऊपर के दबाव को बढ़ा देती है। परिणाम यह होता है कि स्थल के ऊपर की वायु के नितल के ऊपर का दबाव समुद्र के ऊपर उमी स्तर पर के दबाव की अपेक्षा अधिक हो जाता है। परिणामस्वरूप—(१) वायु के नितल से कुछ ऊपर स्थल से जल की ओर वायु की एक गति आरम्भ हो जाती है। इस संचलन (गति) के कारण स्थल पर की वायु के नितल पर का दबाव कम हो जाता है और समुद्र के ऊपर की वायु के नितल पर का दबाव बढ़ जाता है। इसमें (२) वायुमण्डल के नितल पर समुद्र से स्थल की ओर जाने वाली समीर की उत्पत्ति होती है। इसको समुद्र अथवा झील की समीर कहते हैं। रात्रि में (दिन के विपरीत) स्थल के ऊपर की वायु शीतल होती है और वह सिकुड़कर नीचे को आती है और ऊपर का दबाव जल के ऊपर उसी स्तर पर के दबाव से कम हो जाता है। अतः वायुमण्डल के नितल के ऊपर वायु (३) समुद्र से स्थल की ओर बहकर आने लगती है। इससे स्थल के ऊपर वायुमण्डल के नितल पर का दबाव बढ़ जाता है और समुद्र के ऊपर के नितल पर का दबाव कम हो जाता है। अतः (४) वायुमण्डल के नितल पर स्थल से समुद्र की ओर एक समीर बहने लगती है। इस समीर को स्थल-समीर कहते हैं।

मध्य एवं निचले अक्षांशों में गरमी के दिनों में दिन के गरम भाग में समुद्र-समीर सर्वोत्तम रूप से विकसित होती है। जिस समय इसकी दिशा प्रचलित पवन की दिशा के अनुसार होती है तो यह कभी-कभी ऐसी शक्ति पैदा कर लेती है कि

लागो के धके तक रुक जात है तथा उनका शरण लन की आवश्यकता पड़ जात है। विली दश के वालपरेजा (Valparaiso) नाम के नगर में कहा जाता है कि गमा ही होता है। किन्ही-किन्ही तटा के समीप मछुण स्थल समीर के साथ तडक ही समुद्र में जात है और रात्रि में सागर समीर के साथ वापस लौटत है। वायुमण्डल में संचार (atmospheric circulation) के सम्बन्ध में स्थल एवं सागर समीर का वर्णन फिर से किया जाएगा। यहाँ पर उनका वर्णन केवल इमीनिए किया गया है कि वे तापमान के साथ घनिष्ठ रूप से सम्बन्धित हैं।

(२) मानसून पवनें (Monsoon winds)—समुद्र के समीप कुछ स्थल ग्रीष्म में इनमें अधिक गर्म हो जाते हैं कि समुद्री पवन उष्ण ऋतु में बग़र चलती रहती है। यह दशा केवल दिन के उष्ण भाग में ही नहीं होती बल्कि ऋतु भर जाता रहती है। इसी प्रकार से स्थल पवन जाड़ा भर चलती रहती है। उदाहरण के लिए, भारत की यही दशा रहती है। ये पवनें, जो ऋतुओं के साथ अपनी दिशाएँ बदला करती हैं, मानसून पवनें कहलाती हैं। जय देश में इसी प्रकार की पवना के लिए यह नाम सामान्य प्रयोग में नहीं है। कभी-कभी वे महाद्वीपीय (continental) एवं महासागरीय (oceanic) पवनें कहलाती हैं।

हिन्दमहासागर की मानसून पवनाँ न भारत के प्रारम्भिक व्यापार पर बड़ा प्रभाव डाला था। पहले यूरोप में भारत को जाने जान वाले पालदार जहाज ऐसा समय चुना करते थे कि वे जाने समय दक्षिण पश्चिमी मानसून और लौटते समय उत्तर पूर्वी मानसून में लाभ उठा सकें।

(३) पर्वत एवं घाटियों की समीरें (Mountain and valley breezes)—रात में पर्वत शिखरों की वायु शीतल हो जाया करती है क्योंकि वहाँ ऊँचाई का विकिरण शीघ्र हो जाता है। इस प्रकार वह नीचे की वायु की अपेक्षा अधिक घना होकर नीचे उतरने लगती है। इसी पवन को पर्वतीय समीर कहते हैं। किन्तु वायु का नीचे की ओर चलना केवल पर्वतीय घाटियाँ तक ही सीमित नहीं रहता, वह सामान्य पर्वत के ढालों को प्रभावित किया करती है। विशेषकर धूपदार दिना में, प्रातः काल स्थल के निकट की वायु गर्म हो जाती है। यह तब नितल पर सबसे अधिक होती है, जहाँ वह ऊपर की ओर फैलने लगती है और पर्वतों के ऊपर की अपेक्षा नीचे स्थल के ऊपर अधिक फैलती है। फल यह होता है कि दिन के इस समय वायु पर्वतों की ओर का चलने लगती है और उनका (पर्वतों का) एक ऐसा कोण पर झूती है कि वह ऊपर की ओर को झुड़ सके। इस पवन को घाटी की पवन (valley breeze) कहते हैं। पर्वतीय ढाल से भी वायु की एक ऊँचगामी (upward) गति होती है। वह वायु सीधे ऊपर को जाने का प्रयास करती है, किन्तु पर्वत का जोर की गति द्वारा पर्वत के प्रतिकूल ऊपर को झट्टी हो जाती है और उस गति को शक्ति प्रदान करती है। पर्वत के शीर्ष पर क्षैतिज पवनें उस वायु को बहा ले जाती हैं जो वहाँ पर घाटी की समीर के परिणामस्वरूप एकत्रित हो जाया करती है।

पर्वतीय एवं घाटी की समीरें, तथा स्थल एवं जल की समीरे, और मानसून पवने तापमान की असमानताओं के कारण वायु के चलने के सामान्य उदाहरणों को प्रस्तुत करती है।

ऊर्ध्वधर गतियाँ एवं तापमान (Vertical movement and temperature) — यह पहले ही कहा जा चुका है कि जब वायु ऊपर उठती है तो वह फैला करती है और जब वह फैलती है तो वह पहले की अपेक्षा अधिक शीतल हो जाया करती है; और इसके विपरीत, जब वायु नीचे को उतरा करती है तो वह अधिक घनी और गरम हो जाया करती है। तापमान के इन परिवर्तनों का वायुमण्डलीय आर्द्रता के सघनन (condensation) एवं अवक्षेपण (precipitation) पर महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ा करता है, अतः इन पर विचार उस विषय के प्रसंग में किया जाएगा।

वायु की आद्रता (THE MOISTURE OF THE AIR)

वायुमण्डल में सदैव कुछ जल की वाष्प (water vapor or vapour) विद्यमान रहती है, यहाँ तक कि अति शुष्क मरुस्थला के ऊपर की वायु में भी वह पायी जाती है। इस वाष्प को हम न तो देख सकते हैं और न सूँघ सकते हैं, और न स्पष्ट द्वारा इसको पहचान ही सकते हैं, यद्यपि अधिक जलवाष्प से भरी हुई वायु का अनुभव कम जलवाष्प की वायु के अनुभव से भिन्न होना है।

सामान्य परिस्थितियाँ में वायु में आद्रता (moisture) की उपस्थिति विभिन्न परिचित प्राकृतिक दृश्यों द्वारा सिद्ध होती है। जैसे, यदि वर्षा में जल से भरकर एक धातुपात्र को एक गम कमरे में रख दिया जाए तो पात्र (बर्तन) के बाहरी तल पर प्रायः जल की छोटी छोटी बूंदें दिखाई देने लगती हैं। ये बूँदें (जल) केवल वायु में से ही आ सकती हैं। फिर, यदि किसी पात्र में गरम वायु भरकर बंद कर दिया जाए और पात्र को किसी ठण्डे स्थान में रखा जाए (या पात्र के तापमान का नीचा किया जाए) तो पात्र के भीतरी तल पर जल की नही नही बूँदों का एक आवरण सा बँट जाएगा। इस परिणाम की प्राप्ति करने के लिए आवश्यक तापमान की मात्रा वायु में स्थित जलवाष्प की मात्रा की कमी अथवा अधिकता के अनुसार ही कम अथवा अधिक होती है। कभी-कभी जलवाष्प वायु में जल के रूप में सघनित (condensed) हो जाती है, और तब बादल अथवा कुहरा (fog) के रूप में दिखाई देने लगती हैं।

जलवाष्प को स्वयं ही, वायु में एक वायुमण्डल की ही भाँति माना जा सकता है, क्योंकि यह बहुत कुछ इस भाँति से वितरित होती है जैसे कि तब होती जबकि कोई अन्य वायुमण्डल ही न होता। शुष्क वायु की तुलना में जलवाष्प के भाग भारी हानो है, तापमान और दबाव की समान परिस्थितियों में शुष्क वायु का एक घन मीटर के भारी होगा। वायु की जलवाष्प वायु में कुछ ऑक्सीजन, नाइट्रोजन आदि को हटा देती है और इस प्रकार से वायु को अधिक हलका कर देती है।

वायुमण्डलीय आद्रता का कार्य (Function of atmospheric moisture) — वायुमण्डल में आद्रता का कार्य एक अत्यन्त महत्वपूर्ण कार्य है। इसके बिना जीवन रहना सम्भव नहीं है। यह वर्षा, हिम और उस समस्त जल को जिस पर जीवन निर्भर है, प्रदान करती है। इसके अतिरिक्त यह तापमान के सम्बन्ध में भी एक

महत्त्वपूर्ण कार्य करती है जिसे पहले बताया जा चुका है। सूर्य और पृथ्वी द्वारा विकीर्ण दोनों ऊष्माओं को ग्रहण करने में वायु का यह एक सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण अंग प्रतीत होता है। यह वायुमण्डल के नितल पर औसत तापमान को बढ़ा देती है और गर्मी एवं शीत की उन चरमताओं (extremes) को कम कर देती है जो वायु के पूर्णतः शुष्क रहने पर उपस्थित होती।

जलवाष्प के स्रोत : वाष्पीकरण (Sources of water vapor : evaporation)—यह एक सुपरिचित तथ्य है कि कोई आद्र तल जो वायु में खुला रहता है, शीघ्र ही सूख जाता है, और यह भी कि एक खुली हुई तश्तरी में रखा हुआ जल कुछ नमय में लुप्त हो जाया करता है। कोई भी तरल पदार्थ, जैसे कि स्थाही, जिसमें पानी रहता है, यदि खुला छोड़ दिया जाए तो सूख जाता है। ये सब अनुभव यह सिद्ध करते हैं कि जहाँ कहीं भी कोई भी आद्र तल वायु में खुला रहता है तो वह सूख ही जाता है और उसका जल वायुमण्डल में विलीन होता रहता है। अतएव हम इस परिणाम पर पहुँचते हैं कि वायु में जितनी भी जलवाष्प होती है वह समस्त खुले हुए आद्र तलों से निरन्तर प्राप्त होती रहती है। जल का जलवाष्प के रूप में परिवर्तन होना ही वाष्पीकरण (evaporation) कहलाता है। इसी को दूसरे शब्दों में यो भी कहा जा सकता है कि जल अथवा हिम के तल से अणुओं (molecules) का वाष्पमय स्थिति में चला जाना ही वाष्पीकरण का मार्ग होता है, क्योंकि किसी तल के अणु गतिशील स्थिति में रहते हैं। द्रव के तल के ऊपर रहते हुए यदि वे पर्याप्त वेग से चलें तो वे द्रव के अन्य अणुओं के आकर्षण की सीमा से बाहर जा सकते हैं और इस दशा में वे भाप (वाष्प) बन जाते हैं।

वाष्पीकरण उन स्थल के तलों से भी होता है जो नितान्त शुष्क प्रतीत होते हैं, क्योंकि यहाँ पर भी तल के नीचे जिला, अधोभूमि आदि न्यूनाधिक रूप में आद्र रहती हैं और आर्द्रता निरन्तर नीचे से ऊपर वायुमण्डल में जाती रहती है। यह तथ्य, कि 32° फा० (0° से०) के नीचे के तापमान में भी हिम (ice) और शीन (snow) धीरे-धीरे अदृश्य (disappear) हो जाती है, प्रकट करता है कि हिम और शीन से भी वाष्पीकरण होता रहता है, चाहे उनका तापमान द्रवाक (melting point) से बहुत नीचे ही क्यों न हो। यदि किसी भीगे कपड़े को अति कम तापमान में रख दिया जाए, जैसे कि 0° फा० में, तो वह कपड़ा जमकर कठोर हो जाएगा, और यदि वह उसी तापमान में बना रहे तो शीघ्र ही सूख जाता है। इसी को यो कहिए कि उसमें की हिम का वाष्पीकरण हो जाता है।

नमस्त जीवों की श्वास किया वायुमण्डल को जल प्रदान करती है। जाड़े के दिनों में, जब श्वास की जलवाष्प सघनित (condensed) हो जाती है, तो जलवाष्प को सरलता से देखा जा सकता है। इसी कारण वह शीतल (ठण्डे) वायुमण्डल में दिखाई देने लगती है। ग्रीष्मकाल में अथवा किसी गर्म कमरे में श्वास के साथ निकली हुई जलवाष्प दिखाई नहीं देती है क्योंकि उसका सघनन नहीं हो पाता है। पौधे भी निःश्वास (breathe out) द्वारा आर्द्रता को बाहर फेंकते हैं, और देरी से

बढ़ने वाले पौधा (thrifty growing plants) में जलवाष्प अधिक मिलती है। जाग्रत ज्वालामुखिया (active volcanoes) में भी जलवाष्प निकलती है।

सामान्य जल के तल, जैसे महामागर, खीरों, नदियाँ आदि समान क्षेत्रफल वाले स्थल के तलों की अपेक्षा अधिक जलवाष्प प्रदान करते हैं। महामागर का अधिकतम जलवाष्प का प्रदान खान मानना होगा। इस विशाल जलाशय के बिना स्थल के जल शीघ्र ही समाप्त हो जाएँगे। सामान्य महामागर नदियाँ, बरना और बर्फ में लगभग उतनी ही शीघ्रता से जल प्राप्त करता है जितनी शीघ्रता से वाष्पीकरण द्वारा वह उसे खा देता है। अतः वर्षा-पानी वर्ष महामागर में जल की मात्रा लगभग ब्याप्य बनी रहती है।

प्रत्येक वर्ष वायु में स्थल पर, औसत रूप से १ मीटर से १½ मीटर (३० से ४० इंच) तक की जल-वर्षा (rain water) का अनुमान किया गया है, अर्थात् यदि उसे समस्त स्थल के ऊपर फैला दिया जाए तो वह जल स्थल पर १ मीटर से १½ मीटर (३० से ४० इंच) तक की गहरी पगल बनाने के लिए पर्याप्त होगा। प्रत्येक वर्ष भाप बन हुए जल की मात्रा लगभग उतनी ही होती चाहिए जितनी कि अवक्षेपण (precipitation) की मात्रा है। यदि समान क्षेत्रफल के लिए महामागर पर का अवक्षेपण स्थल पर के अवक्षेपण के बराबर हो, और यदि समस्त जल महामागरों से लिया गया हो और उसे लीटाया न जाए तो ६००० वर्षों में कम समय में ही महामागर सूख जाएँगे, जबकि २ मीटर की अधिकतम मात्रा के अनुसार ३००० वर्षों से कम समय में ही महामागर सूख जाएँगे। यदि जल की यह मात्रा जल वर्षा बनकर पृथ्वी पर गिरती है, सबकी सब चीज़ों के जल के वाष्पीकरण से आयी होती तो सम्भवतः एक वर्ष में भी कम समय में वह समस्त खीला को समाप्त कर देती।

जल की इस विशाल मात्रा का वाष्पीकरण करने के लिए आवश्यक शक्ति भी पर्याप्त विशाल है। वर्षा की औसत मात्रा को लगभग १ मीटर की अपेक्षा १½ मीटर मानते हुए स्ट्राची (Strachey) ने अनुमान लगाया है कि जल की इस मात्रा का वाष्पीकरण करने और उसे ६०० मीटर (प्रस्तावित ऊँचाई जिसमें वर्षा गिरती है) ऊपर उठाने के लिए निम्नतर आवश्यक विद्युत् शक्ति ३०,००,००,००,००,००० अश्व शक्ति (horse-power) के बराबर होगी।

वाष्पीकरण की गति (Rate of evaporation)—चित्र ४६३ संयुक्त राज्य अमेरिका के विभिन्न भागों में घुले हुए जल के तला में होने वाली वाष्पीकरण की मात्रा का इन्चा में प्रकट करता है। देश के अधिक गरम और शुष्क भागों में वाष्पीकरण की मात्रा उच्चतम दिखाई देती है।

अनेक परिस्थितियाँ वाष्पीकरण की गति को प्रभावित करती हैं। उनमें से कुछ मुख्य होती हैं—(१) वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा, (२) वायुमण्डल का तापमान, और (३) पवन की शक्ति।

(१) वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा जितनी ही अधिक होगी, उतनी ही कम शीघ्रता से इसमें नवीन वाष्प का निर्माण और विलयन होगा। जिस तल पर

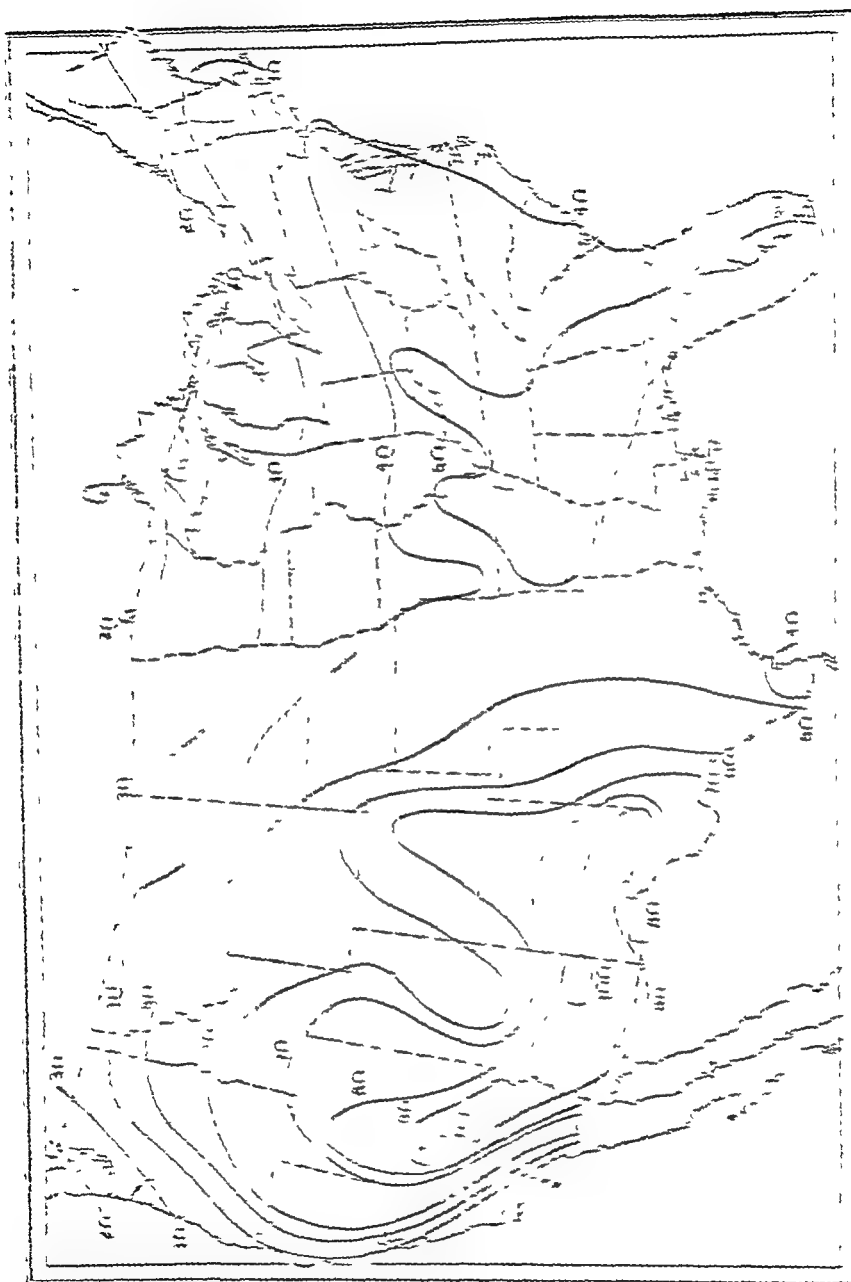


Fig. 407. Evaporation map. The numbers on the lines show, in inches, the amount of water which would be evaporated each year if water were freely exposed.

वाष्पीकरण हो रहा होता है उस तल के ऊपर जलवाष्प का दबाव ही नियन्त्रणकारी कारक (controlling factor) ज्ञात होता है। यदि जलवाष्प पर्याप्त रूप से अधिक होती है तो वाष्पीकरण नहीं होगा (कम से कम इस अर्थ में कि वायु में जल का वाष्प की वृद्धि नहीं होगी)। इस दशा में यदि कोई वाष्पीकरण की क्रिया होनी भी है तो वह वाष्पन के तल (evaporating surface) पर सघनन द्वारा सन्तुलित हो जाएगा।

(२) यदि अन्य बातें समान रहें तो जल का तल जितना ही अधिक उंच होगा उतनी ही शीघ्रता से वाष्पीकरण होगा। यह तथ्य परिचित अनुभवों द्वारा स्पष्ट है। किसी गम स्टोव के ऊपर का जल उस जल की अपक्षा शीघ्रता से वाष्प बन जाता है, जो किसी ठण्डे स्थान में हो। ऐसे ही धूप में रखा हुआ जल छाया में रहे हुए जल की अपक्षा अधिक शीघ्रता से उड़ जाता है।

(३) पवन जितनी ही अधिक प्रबल होगी वाष्पीकरण भी उतना ही अधिक तीव्र होगा। इसका कारण यह ज्ञात होना है कि जब वायु शांत रहती है तब किसी जलराशि अथवा किसी आद्र तल के ठीक ऊपर का स्थान जल की वाष्प में भर जाता है और इससे वाष्पीकरण में बाधा पड़ती है, किंतु जब वायु में गति होती है तब जल की वाष्प प्रायः उतनी ही शीघ्रता से दूर ले जायी जाती है जितनी कि शीघ्रता से वह बनती है, इसका कारण नवीन और प्रायः अधिक शुष्क वायु निरन्तर उस तल पर आती रहती है जहाँ से वाष्पीकरण हो रहा होता है। यदि बनी हुई जलवाष्प उतनी ही शीघ्रता से किसी अन्य साधन द्वारा दूर कर दी जाए तो वाष्पीकरण ठीक उसी शीघ्रता से चलता रहेगा जिससे कि वह तब चलता है जब पवन बहती है।

(४) वाष्पीकरण वायु के दबाव द्वारा भी प्रभावित होता है, दबाव की वृद्धि द्वारा नाममात्र का कम हो जाता है।

वाष्पीकरण में वायुमण्डल का कार्य (Function of the atmosphere in evaporation)—ऊपर वर्णित विधियाँ के अतिरिक्त वायु स्थल एवं जल के ऊपर के तापमान पर अपन प्रभाव द्वारा वाष्पीकरण का प्रभावित करती है, किंतु वाष्पीकरण वायु पर निर्भर नहीं है। यह किसी रिक्त स्थान (vacuum) में, किसी निश्चित तापमान पर उसी तापमान में वायु की अपक्षा, कुछ अधिक शीघ्रता से चलता रहेगा।

वाष्पीकरण ताप ग्रहण करता है (Evaporation takes up heat)—जिस तल से वाष्पीकरण होता है उसे वह शीतल कर देता है। यदि हाथ आद्र हो जाय तो जैसे ही जैसे वह सूखता जाता है वैसे ही वैसे ठण्डा ज्ञात होता जाता है। इसी प्रकार जब पवन बहती है और वाष्पीकरण जितना ही तीव्र होता है शीतलता भी उतनी ही अधिक स्पष्ट होती है। यही कारण है जिससे आद्र वस्त्र शीत वायु की अपक्षा पवन में अधिक शीतल प्रतीत होता है, चाहे तापमान दोनों में समान ही क्यों न हो। आद्र उष्ण वन प्रदेशों से वाष्पीकरण इतना प्रबल होता है कि वहाँ पर

तापमान उस तापमान से प्रायः बहुत नीचा रहता है जितने तापमान की आणा सूर्य-ताप (insolation) के कारण में की जाती है।

वायु में जलवाष्प की मात्रा (Amount of water vapor in the air)—वायु में जलवाष्प की मात्रा स्थान-स्थान पर और समय-समय पर एक ही स्थान में भी, अति भिन्न-भिन्न होती है। किसी एक समय पर वायु में इस मात्रा का अनुमान करने के लिए विभिन्न प्रयास किये गये हैं, किन्तु परिणाम भी अति भिन्न-भिन्न निकले हैं। इसकी मात्रा के विषय में अनुमान किया गया है कि वह इतनी अधिक है कि वह वायुमण्डल के भार का लगभग १% ही ठहरेगी और यदि वह अवक्षेपित (precipitated) हो जाए तो लगभग १० सेण्टीमीटर (४ इंच) जल के तुल्य बैठेगी। यह अनुमान सम्भवतः बहुत ऊँचा है।

निम्नलिखित तालिका उस जलवाष्प की मात्रा का एक अनुमान उपस्थित करती है जो वायुमण्डल का निचला भाग तापमान की विभिन्न परिस्थितियों में धारण कर सकता है। चूँकि जलवाष्प का $\frac{1}{4}$ भाग ही लगभग ६,००० मीटर (३०,००० फुट) से ऊपर है, अतः यह तालिका उस कुल मात्रा की जो वायुमण्डल इन तापमानों पर धारण कर सकता है, $\frac{3}{4}$ राशि को प्रदर्शित करती है।

भूमि से ऊपर वायु के स्तम्भ की ऊँचाई (Height of column of air above the ground)		समुद्र-तल पर निम्नांकित ओस-अंकों के लिए जल की गहराई जो साकेतिक स्तरों के नीचे संतृप्त वायु में होगी। (Depth of water which would be in saturated air below the levels indicated, for the following dew-points at sea-level)							
		८०° फा०		७०° फा०		६०° फा०		५०° फा०	
फुट	मीटर	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०	इंच	सेमी०
६,०००	१,८००	१'३	३'३	१'०	२'५४	१'७	१'७७	१'	१'२७
१२,०००	३,६००	२'१	५'३३	१'५	३'८१	१'१	२'७६	८	२'०२
१८,०००	५,४००	२'५	६'३५	१'८	४'५७	१'३	३'३	९	२'२७
२४,०००	७,२००	२'७	६'८५	२'०	५'०८	१'४	३'५५	१०	२'५४
३०,०००	९,०००	२'८	७'११	२'१	५'३३	१'५	३'८०	१'१	२'७६

वायु में स्थित जल की वाष्प की मात्रा का कुछ अनुमान अन्य प्रकार से भी प्राप्त हो जाता है। ०° फा० पर वायु का एक घन मीटर जलवाष्प की लगभग २८ ग्रेन (grain), ६०° फा० पर १८६ ग्रेन और ८०° फा० पर ४०८ ग्रेन मात्रा धारण करने में समर्थ होती है। १२ × १२ × ५ मीटर के किसी कमरे में वायु का भार ६०° फा० पर और सामान्य दबाव के नीचे, लगभग १८०० पीण्ड होता है। जितनी जलवाष्प को यह वायु धारण करने योग्य होती है उसका भार लगभग २० पीण्ड अथवा १० क्वार्टरों के आसपास होता है।

जलवाष्प का वितरण (Distribution of water vapor)—जैसे ही जलवाष्प वायु में प्रवेश करती है वैसे ही वह अणतः पवनों द्वारा और अणतः विमर्ण

(diffusion) द्वारा वितरित हो जाती है। अतः किसी एक स्थान पर वाष्पीकरण वायु को सभी स्थानों पर आद्र कर देना है, यद्यपि यह क्रिया स्वप्रयत्न और अधिकतम उम प्रदण की वायु में होती है जहाँ पर वाष्पीकरण घटित होता है।

वायु में जलवाष्प की मात्रा ऊपर की ओर शीघ्रता से कम हो जाती है मुख्यतः कम तापमान के कारण, जैसा कि निम्न तालिका में दिखाया गया है

उचाई (मीटर)	जलवाष्प	वायु का घनत्व
०	१००	१००
४३,०००	००८	०६१
१,००,०००	००८	०२०

वायुमण्डलीय आद्रता एवं वायुमण्डलीय गतियाँ (Atmospheric moisture and atmospheric movements)—चूँकि जलवाष्प वायु को अधिक हलकी बनाती है, और चूँकि जल एक स्थान की वायु दूसरे स्थान की वायु में हलका हो जाती है तब संचलन (movement) उत्पन्न हो जाता है, अतः विभिन्न स्थानों में वायु में आद्रता की मात्रा में असमानता वायुमण्डलीय संचलन का एक कारण होती है।

संतृप्ति (Saturation)—किसी समय और किसी स्थान पर वायु में जलवाष्प की मात्रा बहा के तापमान और जल की प्राप्ति पर निर्भर होती है। वायु जितनी ही अधिक गर्म होगी उतनी ही अधिक आद्रता वह धारण कर सकती है।

जब वायु में उतनी सम्पूर्ण जलवाष्प उपस्थित होती है जहाँ किसी निश्चित तापमान पर सम्भव होती है तो उस वायु का संतृप्त (saturated) वायु कहा जाता है। वायु का संतृप्त कहने का एक चरित्र माँटा गया है परन्तु वास्तव में वायु संतृप्त नहीं होती बल्कि वह स्थान संतृप्त हुआ करता है जिसे वायु ने अपने अधिकार लेकर लिया होता है। किसी निश्चित स्थान का संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा उस स्थान के तापमान पर निर्भर होती है और वह प्रायः वही रहती है चाहे वायु उपस्थित हो अथवा नहीं। कभी-कभी यह भी कहा जाता है कि जलवाष्प संतृप्त है। 'वायु की संतृप्ति' शब्द अशुद्ध होने हुए भी ऐसे सामान्य प्रयोग में आ गया है कि इसके जगह का त्याग ही बन रहने की सम्भावना है।

आद्रता और ओस अंक (Humidity and dew point)—वायु नमी की जिस मात्रा का धारण करती है वह उसकी निरपेक्ष आद्रता (absolute humidity) होती है। किसी तापमान पर नमी का जो प्रतिशत वायु धारण कर सकती है उसकी तुलना में जो प्रतिशत वह रखती है उस उसकी आपेक्षिक आद्रता (relative humidity) कहते हैं (चित्र ४६४)। जब वायु में आद्रता धारण करने की शक्ति की अपेक्षा जाती आद्रता होती है तब उसकी सापेक्षिक आद्रता १० होती है, और जब वायु संतृप्त होती है तो उसकी आद्रता १०० होती है। सामान्य वायु को उस समय 'शुष्क' कहा जाता है जबकि उसकी सापेक्षिक आद्रता कम होती है, और जब उसकी सापेक्षिक आद्रता अधिक होती है तो उसे 'नम' कहा जाता है। स्थल

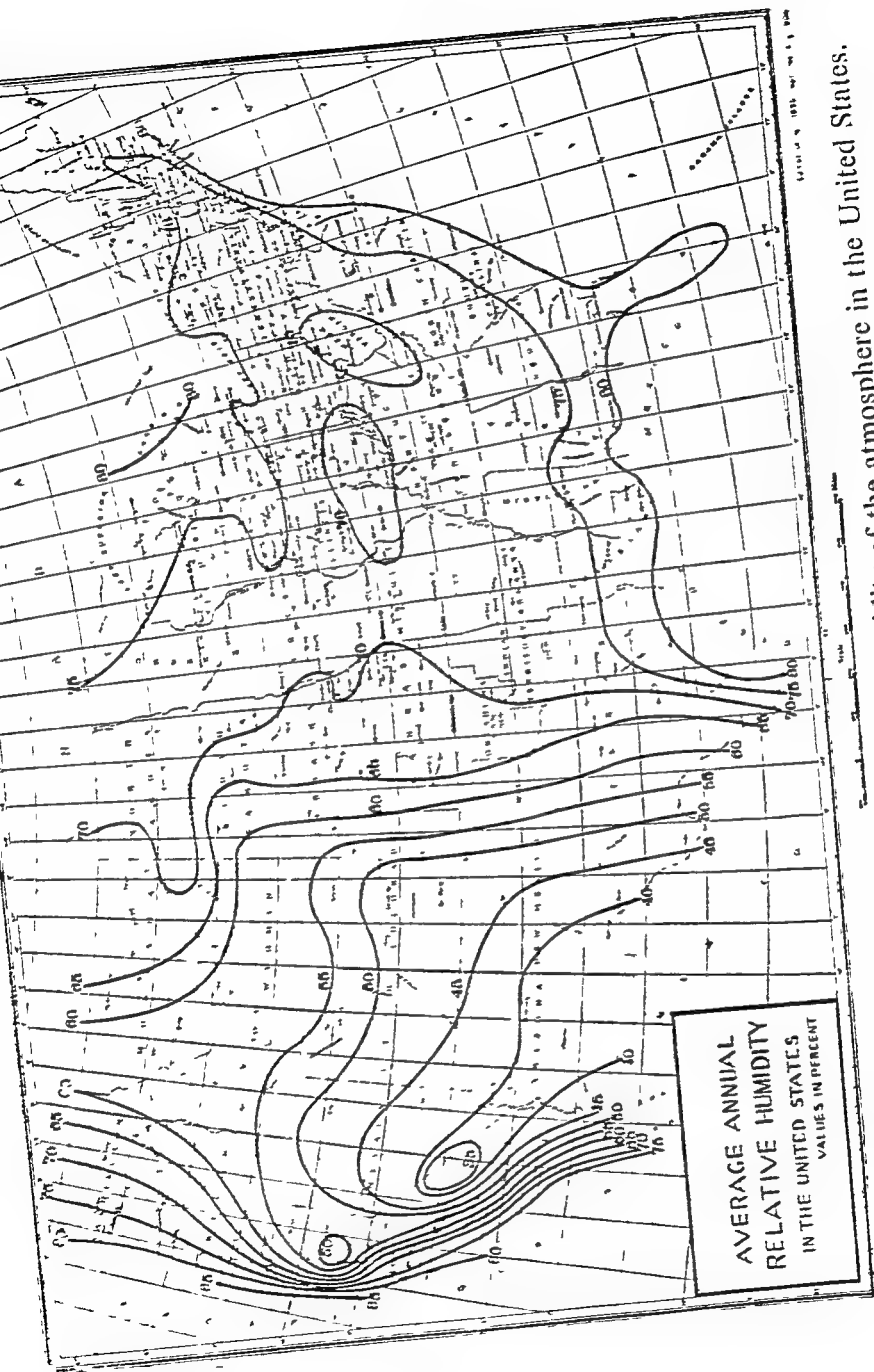


Fig. 494.—Chart showing the average annual humidity of the atmosphere in the United States.
(Cox, U. S. Weather Bureau)

के ऊपर वायु की सापक्षिक आद्रता सम्भव ६० के आसपास होती है और महासागर के ऊपर लगभग ८५, जत सम्पूर्ण वायुमण्डल मनुष्य होन की दशा से दूर है। कृषि की दृष्टि से समुक्त राज्य का जो भाग बिना मिचाई के उपजाऊ है, वह प्रधानत वही भाग है जहाँ सापक्षिक आद्रता ६५ से अधिक है।

शुष्क प्रदेशों में वायु की सापक्षिक आद्रता माधारणत जितनी अनुमान की जाती है उसमें बहुत अधिक होती है। यह उन प्रदेशों की आद्रता के आधे के समान नीची शायद ही होती है जो उपजाऊ होने के लिए पर्याप्त नम होती है। जैसे, यूमा (Yuma), एरिज (Ariz) में वाष्पित औसत सापक्षिक आद्रता ४२.६% है, और उसका माध्य (mean) मासिक न्यूनतम ३४.७% है। सन्ता फे (Santa Fe) में वे ही सम्पाएँ ४४ = जोर २८ = है और प्युब्लो में ४६.२ और ३७.६ हैं। डेथ वैली (Death Valley Cal) में ५ महीनों के लिए औसत सापक्षिक आद्रता २३ थी। ये सभी स्थान अति शुष्क प्रदेशों में हैं।

सतृप्त वायु के तापमान की क्राई कभी उसकी नमी के कुछ भाग को मघनित कर देती है। जिस तापमान पर वायु अपनी जलवाष्प को मघनन के लिए छूट देना आरम्भ करती है वह उसका ओस-अंक (dew point—ओसांक) कहलाता है। अत जो वायु सतृप्त होती है वह ओसांक पर होती है। यह देखा जा सकता है कि यह बिन्दु कोई निश्चित तापमान नहीं होता बरन यह वायु में जलवाष्प की मात्रा में प्रभावित होता है। जब यह मात्रा अधिक होती है तो ओसांक का तापमान अपभाटन ऊँचा होता है। जब मात्रा कम होती है तो ओसांक का तापमान अपभाटन नीचा होता है।

विभिन्न विधियों में वायु को ओसांक पर लाया जा सकता है (१) वायु बहा ले जायी जा सकती है (पवन द्वारा) जहाँ पर तापमान नीचा होता है, जैसे कि किसी ऊँचे अक्षांश या ऊँचाई पर, (२) किसी शीतल पवन द्वारा इसके भीतर शीतल वायु का प्रवेश होने से यह शीतल हो सकती है, (३) यह विकिरण द्वारा शीतल हो सकती है, अथवा (४) विस्तार द्वारा।

सघनन (Condensation)—जब मघनन का तापमान ३०° फा० से ऊपर होता है तब वाष्प उम जल के रूप में मघनित होती है जो माधारणत नन्ही-नन्ही बूंदों का रूप ग्रहण करता है, और कुहरा अथवा बादल बनते हैं। यदि सघनन का तापमान ३०° से कम होता है तो मघनन क्रिया के साथ ही जल स्फटन करता (crystallizes—रवा बनता) है और हिम-कणों (ice particles) का आकार ग्रहण करता है।

सघनन एवं तापमान (Condensation and temperature)—जब वायु की जलवाष्प मघनित हो जाती है तब ऊष्मा की एक मात्रा जो उसके वाष्पीकरण में ग्रहण किये गये ताप के बराबर होती है, स्वतन्त्र हो जाती है। यही कारण है कि ऊपर उठती हुई नम वायु दलनी ओत्रता से शीतल नहीं होती है जितनी शीघ्रता में ऊपर उठती हुई शुष्क वायु होती है। प्रत्येक ६१ मीटर (१८३ फुट) की ऊँचाई के

लिए शुष्क वायु लगभग 1° फा० शीतल हो जाती है, किन्तु 65° फा० पर संतृप्त वायु को 1° फा० शीतल होने के लिए लगभग उसकी दूनी ऊँचाई तक ऊपर उठना होगा। शीतल होने की इस अति मन्द गति का कारण वह ताप होता है जो नमी के सघनन द्वारा स्वतन्त्र होता है।

ओस एवं तुषार (पाला) (Dew and frost)—कभी-कभी ऐसा होता है कि स्थल अथवा उसके ऊपर के पदार्थों के तल का तापमान पास-पड़ोस की वायु के तापमान की अपेक्षा नीचा हो जाता है। इस दशा के आने की सम्भावना विशेषतः तब होती है जब ग्रीष्म और पतझड़ के अन्तिम भाग में रातें स्वच्छ होनी हैं। उदाहरण के लिए, यदि घास का तापमान रात में पास-पड़ोस की वायु के ओसाक की अपेक्षा नीचा हो जाए तो पास-पड़ोस की वायु से नमी घास पर सघनित हो जाएगी। यही नमी ओस होती है। ओस ऊपर से नहीं गिरती है वरन् ठोस पदार्थों के तल पर सघनित हुआ करती है। ओस का एक उत्तम उदाहरण प्रायः उम नमी से मिलता है जो किसी गरम दिन में हिमजल (ice water) पूरित (भरी हुई) धातु पात्र के बाहरी भाग पर कभी-कभी एकत्रित हो जाती है। धातु पात्र का तापमान उसके पास-पड़ोस के ओसाक (dew-point) से नीचे है, अतः वायु से नमी उम पर सघनित हो जाती है। मेघपूर्ण रातों की अपेक्षा स्वच्छ रातों में ओस बनती है क्योंकि दिन का ताप स्थल से उस समय अधिक शीघ्रता से विकीर्ण (radiated) होता है जबकि बादल नहीं रहते हैं। तूफानी रातों की अपेक्षा शान्त रातों में ओस अधिक बनती है क्योंकि पवने उस वायु को हटा देती हैं जो अपने ओसाक पर पहुँच रही होती है, और उसके स्थान पर अन्य और सूखी वायु को ला देती है।

जब ओसाक का तापमान 32° फा० से नीचे रहता है तब वह नमी जो ठोस पदार्थों पर सघनित होती है, तुषार (frost) के रूप में सघनित होती है। जैसे शीन (snow) जमी हुई वर्षा नहीं होती है, वैसे ही तुषार को भी जमी हुई ओस नहीं समझना चाहिए। तुषार का ओस के साथ वही सम्बन्ध होता है जो शीन का वर्षा से होता है। तुषार होने की सम्भावना घाटियों और निचले मपाट मैदानों में पतझड़ की ऋतु में समीपी पहाड़ियों की अपेक्षा अधिक रहती है क्योंकि शीतल वायु निचले स्तरों के समीप ही स्थिर रहा करती है।

ओस, और कभी-कभी तुषार भी, पदार्थों के निचले पार्श्वों (sides) पर बन सकते हैं। यदि किसी कड़ाही की पैदी को ऊपर को करके कड़ाही को आँधा कर दिया जाय तो प्रातः काल उसके भीतर भी ओस उसी भाँति मिलेगी जैसी कि बाहरी भाग पर। किमी चपटे (flat) पत्थर के निचले पार्श्व में ओस मिलती है जबकि उसके ऊपरी भाग पर नहीं मिलती। किसी मरुस्थल में भी यदि रबर का एक कम्बल रात में भूमि पर बिछा दिया जाए तो प्रातः काल उसका निचला भाग प्रायः गीला हो जाता है। भूमि में की वायु में भी कुछ नमी रहती है। दिन में जब सूर्य चमकता है, यह वायु गरम होती है। रात में भूमि के भीतर की वायु की अपेक्षा भूमि के ऊपर की वायु अत्यन्त शीघ्रता से शीतल होती है। ऊपर की अधिक भारी और शीतल वायु

तत्र पृथ्वी के भीतर प्रवेश करती है और नीचे की उष्ण वायु को हटाती है और उस उमके जनवाण के साथ ऊपर की आर्ग को एकत्रित करती है। शीतल बडाही और शीतल रबर के कम्बन तक पहुँचने पर नमी का कुछ भाग सघनित हो जाता है। यदि भूमि के ऊपर की वायु की अपक्षा भूमि की भीतर की वायु में अधिक नमी होती तो जलवाण नीचे से ऊपर को आती, चाह वह वायु जिसके साथ यह सम्बन्धित है ऊपर को न भी आती। दिन के समय ऊपर को उठती हुई नमी बडाही अपना कम्बन पर सघनित नहीं होगी क्योंकि वे (बडाही और कम्बन) नीचे से आने वाला जनवाण की अपक्षा अधिक गरम होंगे, जिन यही है कि मूल चमक रहा है, किन्तु रात में उनका तापमान सघनन के योग्य नीचा जाता है।

बादल और कुहरा (Clouds and fog)—वायु की जनवाण में सघनित जन की नहीं नहीं बूँदें और हिमकण जलना का स्वरूप ग्रहण करती हैं। इस क्रिया में सघनन वायुमण्डल के नितल के ऊपर जलना अवशेषण (precipitation) कहलाता है। और यदि सघनन वायुमण्डल के नितल पर ही होता है तो वह कुहरा (fog) का स्वरूप (३०° फा० से ऊपर के तापमान पर) और (३०° फा० से नीचे के तापमान पर) तुषार (frost) का स्वरूप धारण करता है। कुहरा एक वायु तुषार (air frost) बम ही होते हैं जैसा कि बादल, अतः केवल इतना ही होता है कि बादल उनकी अपक्षा ऊँचे होते हैं। कुहरा वाष्पक में बादल ही होता है और स्थान के तब पर आश्रित रहता है। यदि नमी सघनित हो जाए और कण वायु में गटके रहें, विशेषतः किसी पर्वत के शीर्ष के आसपास, तो मैदान अथवा नीचे की घाटी में दबने वाले के लिए पवन के आसपास बादल दिखाई देंगे। किन्तु यदि देखने वाला ऊपर चढ़कर बादल में चढ़ जाए तो उसे कुहरा दिखाई पड़ेगा। जब किसी क्षील के ऊपर की उष्ण वायु पतनन में ठण्डे स्थल के ऊपर में चलती है अथवा जब महासागर के उष्ण भाग के जन के ऊपर में वायु (उदाहरण के लिए एक उष्ण सागरीय धारा) शीतल जन के ऊपर में चलती है तो प्रायः कुहरे पैदा होते हैं। व रान का प्रायः घाटिया में भी बन जाते हैं, विशेषतः पतनन में जबकि रान के तापमान दिन के तापमान की अपक्षा अति नीचे होते हैं। शीतल वायु घाटिया में गतिमान नहीं होती जहाँ उच्च भूमि की अपक्षा घाटियों में कुहरा होने की अधिक सम्भावना बनी रहती है।

कुहरा के कारण कभी कभी समुद्र पर अज्ञात टूट जाया करते हैं और स्थल पर भी मानवीय घने स्वरूप जाते हैं। लंदन में सन १६०५ में १० म १७ दिसम्बर तक एक लगातार और घन कुहरे के विषय में अनुमान किया गया था कि उससे नगर का प्रतिदिन १७ ५०,००० आलस का व्यय किसी न किसी रूप में उठाना पड़ा था। इसमें व्यापार की स्वावट प्रधान थी। परन्तु इस प्रकार के अनुमानों को समय के साथ ग्रहण करना चाहिए क्योंकि स्वेडिश व्यापार का अधिक अंश लाभमहित बाद में पूरा कर लिया जाता है। एक घने कुहरे के कारण वाणिज्यतन को लॉग आईलैंड (Long Island) के युद्ध के पश्चात् 'यूयाक' तक पीछे हटने में सुविधा मिली थी।

वर्षी मेघ (nimbus) और पक्षाभ मेघ (cirrus) होत हैं। इन अधिक स्पष्ट स्वरूपों के बीच में विभिन्न श्रेणियाँ (gradations) होती हैं जो पक्षाभ कपासी मेघ (cirro cumulus), पक्षाभ स्तरी मेघ (cirro stratus), कपासी स्तरी मेघ (cumulo stratus) आदि नामों का जन्म देती हैं।



Fig 497

Fog rising and turning to cloud Mount Tamalpais, Cal (U S Weather Bureau)

कपासी मेघ मोटे बादल होते हैं जिनके ऊपरी तल 'गूनाधिक' गुम्बद के आकार के (dome shaped) होते हैं जिनमें अनियमित और उन के रंग के समान प्रोढ़ (protuberances) होते हैं। उनके आधार लगभग क्षैतिज होते हैं। वे ऊपर उठती हुई सवाहन धाराएँ (convection currents) द्वारा निर्मित होती हैं और उनके समतल आधार उम स्तर को प्रकट करते हुए होते हैं जहाँ पर सघनन उस समय होता है जबकि वायु ऊपर की उठती है। वे विशेषतः स्वच्छ एवं उष्ण मौसम (weather) में दिखाई पड़ते हैं और सामान्यतः उनका बनना दोपहर के बाद तब होता है जबकि सूर्यताप (insolation) सवाहन धाराएँ संचालित कर लेता है। दिन की उत्पत्ति के साथ-साथ उनकी वृद्धि होती जाती है और साधारणतः दिन की अधिकतम उत्पत्ति के समय अथवा उसके पश्चात् शीघ्र ही वे अपना विशालतम आकार ग्रहण करते हैं। जैसे-जैसे सघनावन समीप जाती जाती है वे प्रायः छोट होने चले जाते हैं। सूर्यास्त के पूर्व वे प्रायः विघटित जाते हैं, किन्तु कभी-कभी उद्गम के प्रकार के बादलों में परिवर्तित हो जाते हैं।

स्तरी मेघ उठाय गये कुहरा की क्षैतिज चादरे होते हैं। जब पवन अथवा पवना द्वारा चादरे टूट जाती हैं तो उन्हें कभी-कभी खण्डित स्तरी मेघ (fracto stratus) कहते हैं।

जब वर्मान बाले, बर्फी मेघ, काले बादलों की मोटी परतों के बने होते हैं। उनका कोई निश्चित आकार नहीं होता है और उनके जिनारे कटे-कटे होते हैं, जिनमें क्रमबद्ध बर्फी अथवा जल (snow) गिरती है (चित्र ५०४)।

पक्षान मेघ अलग-अलग, मुकुनार और मेघदान होते हैं। उनके बारे में प्रायः यह कहा जाता है कि उनका स्वरूप पंखों (feathers) के समान होता है। वे माध्याह्निक सन्धि होते हैं और यदाकदा पट्टियों (belts) में होते हैं। वे मानसून के उंच और फले होते हैं, और प्रायः हिम अथवा जल के बनों में बने होते हैं (चित्र ५०४ में ५०७ तक)।

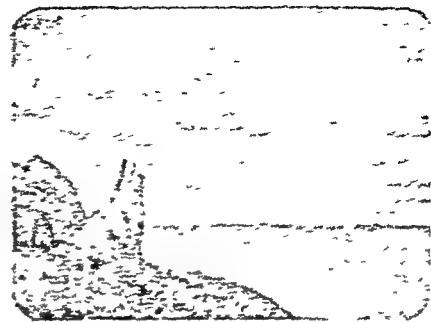


Fig. 498
Cumulus (wool-pack) clouds.
(Photo from Cloud Chart, Hydrographic Office, Dep't. of the Navy)

अवक्षेपण (Precipitation)—यदि अवक्षेपण की उष्ण नीचे गिरती है तो बहुत की उष्णता के अवक्षेपण में वृष्टि (rain), जल (snow), या ओलों (hails)

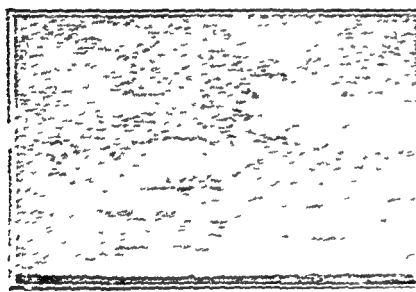


Fig. 499.—Cumulus clouds of the fair-weather type.
(U. S. Weather Bureau)

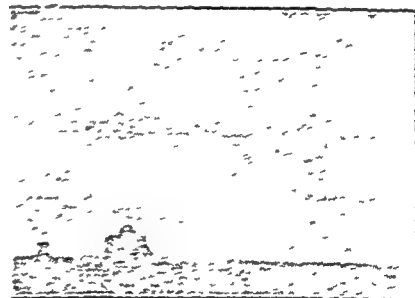


Fig. 500.—Spring cumulus clouds of the rain type.
(U. S. Weather Bureau)

की उत्पत्ति होती है। बादलों के निर्माण के पश्चात् वास्तव में अवक्षेपण होता है कि नहीं, यह अनेक दशाओं पर निर्भर है। वृष्टि अथवा हिम उत्पन्न करने के लिए वायु में जब अथवा जल के बल नीचे गिरने के लिए पर्याप्त भारी होने चाहिए और उनको वायुमण्डल के निम्न तक पहुँचने के लिए ऐसी वायु के मध्य होकर नहीं आना चाहिए, जो इतनी झुंझ और गर्म हो कि उनके वायुमण्डल के निम्न तक पहुँचने के पहले उनका वाष्पीकरण कर दे। अवक्षेपण वृष्टि अथवा जल का स्वरूप रहना करता है; यह क्रिया केवल स्थान के तापमान पर ही निर्भर नहीं होती, बल्कि उस स्थान की वायु के तापमान पर भी निर्भर होती है जहाँ पर अवक्षेपण

हाता है। अवक्षेपण जा शीन के रूप में आरम्भ होना है, वायु के नितल तक पहुँचने से पहले जल बन सकना है। प्रायः जिन समय नीचे की धाटी में वर्षा होता

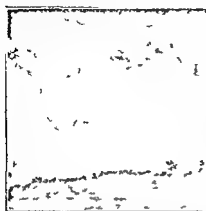


Fig 501

Fig 501 — Cumulus clouds, thunder heads in process of active growth (U S Weather Bureau)

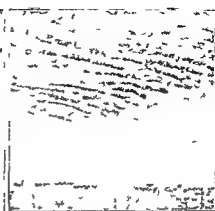


Fig 502

Fig 502 — Alto cumulus clouds, wave form (U S Weather Bureau)

है, उस समय ऊपर पर्वत पर हिमपात होता है। अवक्षेपण जा जल के रूप में आरम्भ होता है नीचे उतरने में शायद ही कभी जम पाना है।



Fig 503

Cumulus clouds broken and wind torn (U S Weather Bureau)

चूँकि मघनन शीतल होने की क्रिया का अनुसरण करता है और चूँकि अवक्षेपण मघनन का अनुसरण करता है अतः वायु की पर्याप्त शीतल होने की क्रिया में (आमक से नीचे) अवक्षेपण उत्पन्न हो सकता है। निष्कय यह निकलता है कि वर्षा (अथवा हिमपात) तब होती है जबकि (१) वायु किसी ठण्ड पर्वतीय पार्श्व के ऊपर वह (२) वायु ध्रुवा की ओर वह (अथवा सामान्यतः उष्ण स्थानों में शीतल स्थानों की ओर) और ऊपर की ओर उठती है,

(३) सवाहन के दो कारणों से ऊपर की ओर उठे—(अ) क्योंकि वह शीतल वायु के सम्पर्क में लाभ जान पर शीतल हो जाती है और (ब) क्योंकि वह फैलती है, (४) शीतल वायु उष्ण वायु के सम्पर्क में आती है तो (१) के कारण पर्वतीय प्रदेशों में वर्षा मुलभ होती है, और (३) के कारण बड़ा वर्षा साधारण घटना होती है जहाँ सवाहन धाराएँ प्रबल होती हैं, जैसे कि उष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों (regions

of tropical calms) में, जहाँ दिन के उष्ण भाग में प्रायः प्रतिदिन अवक्षेपण होता है।

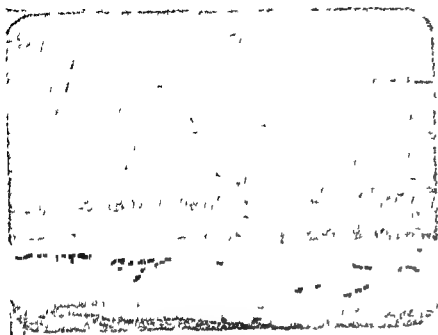


Fig. 504

Fig. 504.—Cumulo-nimbus clouds. (From Cloud Chart, Hydrographic Office, Dept. of the Navy)



Fig. 505

Fig. 505.—Cirrus clouds. (From Cloud Chart, Hydrographic Office, Dept. of the Navy)

वर्षा का वितरण अधिकांशतः पवनों पर निर्भर है और उस पर बाद में विचार किया जाएगा।



Fig 506

Fig. 506.—Cirro-stratus clouds (U. S. Weather Bureau)



Fig. 507

Fig. 507.—Cirro-cumulus clouds, mackerel sky (U. S. Weather Bureau)

वर्षा का निर्माण (Rain-making)—वर्षा को उत्पन्न करने के लिए विभिन्न कृत्रिम (artificial) साधन एवं प्रयास किये गये हैं। ऐसी विधियाँ अनेक प्रकार की हैं, किन्तु परिणाम प्राप्त नहीं हो सके हैं।

सारांश (Summary)—वायु समस्त आर्द्रतलो से निरन्तर नमी ग्रहण

करती रहती है। यह नमी जटिल वाष्प के रूप में मग्न फैलती और चलती रहती है। जब यह किसी ठोस तापमान पर पहुँचती है तो पचाव-नीचा है (आभाव) तो यह मघनित हो जाती है। यदि यह ठण्डी वायु में मघनित होती है तो यह बर्फ या शीत के रूप में नीचे गिर सकती है अथवा बादल के रूप में वायु में तटकी रह सकती है, और पुनः वाष्प बन सकती है। यदि यह वायुमण्डल के निचले पर ठोस पदार्थों के तल पर मघनित होती है तो यह आम अथवा घाता बनती है। इस प्रकार जब वाष्प निरन्तर गतिमान रहती है, और मग्न स्थल का जीवन इस पर निर्भर करता है। कुछ जल जो वायुमण्डल में म अवशोषित होता है, उस तल पर गिरता है जहाँ म वह वाष्प बना था, किन्तु अधिकांश जल ऐसी स्थानों पर गिरता है जो उन स्थानों में बहुत दूर होते हैं जहाँ म वह भाप बना था।

वायुमण्डलीय दाब या दबाव (ATMOSPHERIC PRESSURE)

वायु में तत्त्व होते हैं और उसमें भार होता है। इसके नीचे पड़ने वाले दबाव अथवा भार के विषय में पहले ही कहा जा चुका है कि समुद्र-तल पर प्रति १६ वर्ग सेंटीमीटर पर वह औसत रूप में लगभग १५ पाउंड होता है। वायुमण्डल के विभिन्न दबावों के अन्तर के ही कारण वायुमण्डल में गति अथवा पवने उत्पन्न होती हैं। वायुमण्डल के दबाव को वायुदावमापी (barometer) से नापते हैं।

वायुदावमापी (Barometer)—साधारण वायुदावमापी का सिद्धान्त निम्नलिखित है।

७५ सेंटीमीटर से अधिक लम्बी एक नली (tube) जिसका एक सिरा बन्द रहता है, पारे से भरी जाती है, फिर उस नली के खुले हुए सिरे को नीचे करके पारे से भरी हुई एक तण्टरी (dish) में रख दिया जाता है (चित्र ५०८)। यदि इस यन्त्र के प्रयोग करने का स्थान समुद्र-तल के समीप है तो नली का पारा तब तक नीचे गिरेगा जब तक कि उसका ऊपरी तल तण्टरी के पारे के तल के ऊपर लगभग ७५ सेंटीमीटर के स्तर पर न पहुँच जाए। पारा नली में इस स्तर पर रुका रहता है क्योंकि तण्टरी में पारे के ऊपर वायु का दबाव नली में स्थित पारे के अधोमुख (downward—आँवे) दबाव को मन्तुनित रखने के लिए पर्याप्त होता है। चूँकि समुद्र-तल की ऊँचाई पर वायु का दबाव नली में पारे को लगभग ७५ सेंटीमीटर ऊपर रोके रहता है, अतः समुद्र-तल पर वायु का दबाव ७५ सेंटीमीटर कहा जाता है। यदि वायुमण्डल का दबाव कम हो जाता है तो पारा नली में नीचे उतर आता है, और यदि वह दबाव अधिक हो जाता है तो पारा ऊपर उठ जाता है।



Fig. 508

Diagram to illustrate the principle of the barometer. The pressure of the air at *A* maintains the mercury at *B* in the tube when there is no air in the tube above *B*.

समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाई पर दबाव कम होता है और जितना ही ऊपर चढ़ने जाएँ उतना ही दबाव कम होना जाना है।

समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाई वायुदाबमापीय दबाव द्वारा नापी जा सकती है, किन्तु, चूँकि पार वाले वायुदाबमापी सुविधापूर्वक उधर-उधर नहीं ले जाये जा सकते हैं और सरलता से टूट सकते हैं, अतः अन्य प्रकार का वायुदाबमापी जो जिन द्रवहीन वायुदाबमापी (aneroid barometer) कहते हैं, इसी उद्देश्य के लिए बनाया गया है।

वायु असमान दाब रखती है (Air pressures unequal)—हम पृथ्वी पृथ्वी के जिन सामान्य घटनाओं का वर्णन किया गया है वे यह स्पष्ट कर देती हैं कि वायुमण्डल का दबाव स्थान-स्थान पर भिन्न भिन्न होना चाहिए यहाँ तक कि एक ही स्थान पर विभिन्न समयों पर भी भिन्न भिन्न होता है। इसके कुछ कारण निम्न लिखित हैं।

(१) जिस तन पर वायु आधारित होती है उसका तापमान असमान होता है, और तापमान की वृद्धि वायु का अधिक घनत्व बना देती है। हमें अनिवार्य किसी निश्चित स्थान में तापमान समय-समय पर बदलना रहता है। निष्पत्ति यह है कि किसी निश्चित स्थान पर वायु का दबाव समय-समय पर भिन्न भिन्न होता रहता है।

(२) 60° के तापमान पर और ७५ मीटरीमीटर के दबाव के नीचे एक घन मीटर शुद्ध वायु का भार १६,४०० ग्राम होता है। एक घन मीटर मरुस्थल वायु का भार उही परिस्थितियों में लगभग १० ग्राम कम होता है। सामान्य वायु में आद्रता की मात्रा ठण्डे प्रदेशों की अपेक्षा गरम प्रदेशों में अधिक होती है और शुद्ध प्रदेशों के ऊपर की अपेक्षा समुद्र तथा आर्द्र स्थानों के ऊपर अधिक होती है। चूँकि किसी निश्चित स्थान पर वायु में आद्रता की मात्रा समय-समय पर बदलती रहती है, अतः दबाव निरन्तर बिभ्रित (disturbed) रहता है।

यदि वायु के दबाव का नियंत्रित करने वाले कारण (factors) केवल तापमान और आद्रता ही हों तो निम्न अनुमानों में दाब अनुमान होना चाहिए क्योंकि वहाँ पर सबसे अधिक गरमी और पर्याप्त आद्रता होती है। इसी का अन्य महत्त्व यह भी कह सकते हैं कि जहाँ पर समताप रेखाएँ (isotherms) उच्चतम होती हैं वहाँ दाब निम्नतम होना चाहिए, विशेषतः आर्द्र प्रदेशों के ऊपर और शीतल प्रदेशों में अधिकतम होना चाहिए क्योंकि वहाँ पर वायु अपेक्षाकृत शुद्ध होती है। चूँकि वायुमण्डलीय दबाव का विवरण इन सामान्य नियमों में मेल नहीं खाता है, और चूँकि किसी निश्चित स्थान में दबाव के परिवर्तन तापमान और आद्रता में होने वाले परिवर्तनों से स्वतन्त्र रूप में होते हैं अतः यह निष्पत्ति निकलती है कि तापमान और आद्रता से भी भिन्न अन्य कारण वायुमण्डल के दाब का प्रभावित करते हैं।

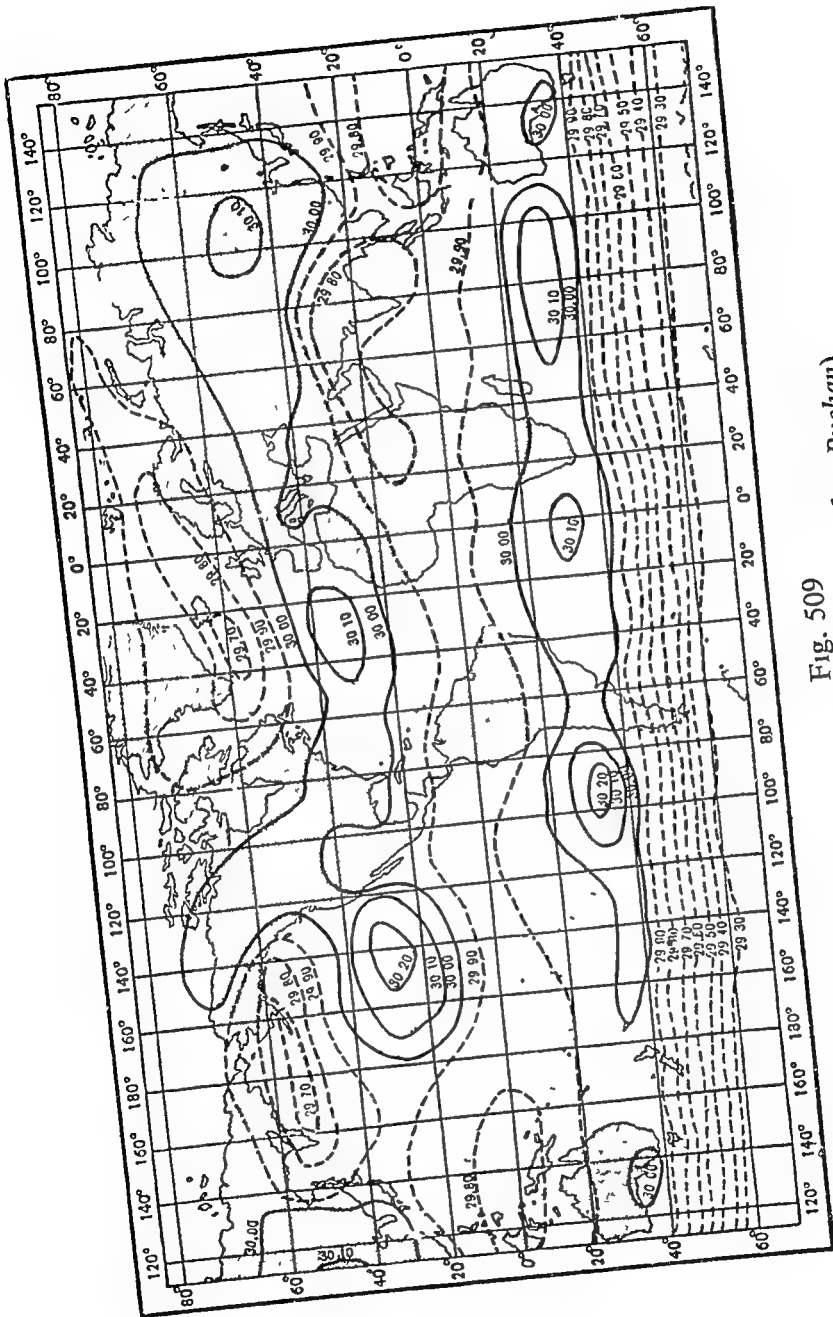


Fig. 509
Chart of annual isobars
(After Buchan)

मानचित्रा तथा रेखाचित्रो पर दाब का प्रदर्शन

(Representation of Pressure on Maps and Charts)

समदाब रेखाएँ (Isobars)—पृथ्वी के तल पर उन बिन्दुओं का जाहज़ी हुई रेखाएँ खींची जा सकती हैं जहाँ वायुमण्डलीय दबाव समान है। इस प्रकार की रेखाओं को समदाब रेखाएँ कहते हैं। जो मानचित्र समान दाब की रेखाओं का दिखाना है उसे समदाबी मानचित्र अथवा रेखाचित्र कहते हैं। पूरे बप के लिए एक समदाबी चाट (रेखाचित्र), अर्थात् एक वार्षिक समदाबी चाट उन समदाब रेखाओं का दिखाना है जो वर्षभर में समान औसत दाब को रखने वाले स्थानों का मिश्रण है। एक समदाबी चाट अनेक ऋतुओं में प्रत्येक ऋतु के लिए अनेक महीने में प्रत्येक महीने के लिए और किसी भी छाँटी अवधि के लिए हो सकता है। दैनिक मौसमी मानचित्र दैनिक समदाबी चाट ही होते हैं।

चित्र ५०६ एक वार्षिक समदाबी चाट है। रेखाओं पर दी गयी मर्यादें, इला में, बप भर के लिए औसत दबाव को प्रकट करती हैं। ३० इंच अथवा अधिकतम दबाव की रेखाएँ पूरी रेखाएँ हैं, और ३० इंच से कम की रेखाएँ बिंदुओं वाली रेखाएँ हैं। कुछ सुपाव मानचित्र की व्याख्या करने में महायक हाथ। दक्षिणी गोलार्ध में ३० इंच (७६५ मीटर) की समदाब रेखा एक ऐसी पट्टी को घेरती है जो लगभग पृथ्वी के चारों ओर फैली है। यह रेखा कबल आस्ट्रेलिया के निकट ही टूटती है। यह समदाब रेखा प्रकट करती है कि घिर हुए क्षेत्र के भीतर का प्रत्यक्ष स्थान ३० इंच में अधिक औसत वायुमण्डलीय दबाव रखता है जबकि ३०.०० इंच और ३०.१० इंच की समदाब रेखाओं के बीच का प्रत्यक्ष स्थान ३०.०० इंच और ३०.१० इंच के बीच औसत वार्षिक दाब प्रकट करता है। अटलाण्टिक महासागर के भूमध्यरेखीय भाग में २६.६० की दो आसन्न (adjacent) समदाब रेखाओं के बीच का दबाव २६.६० इंच की अपेक्षा कम है किंतु इतना नीचा भी नहीं है जितना कि २६.८० इंच का है। यदि यह दबाव २६.८० इंच तक जा जाता तो वहाँ पर २६.८० इंच वाली समदाब रेखा ही होती।

यह देखा जा सकता है कि दक्षिणी अटलाण्टिक में ३०.१० इंच की समदाब रेखाओं से घिरे हुए क्षेत्र के भीतर दाब ३०.१० की अपेक्षा अधिक है, जबकि मध्य अटलाण्टिक की आसन्न २६.६० की समदाब रेखाओं के बीच दाब २६.६० की अपेक्षा कम है। इस अंतर की व्याख्या में यह ध्यान रखना चाहिए कि चूँकि ३०.१० की समदाब रेखा बाहर में जाती है, अतः दाब बढ़ रहा है, और चूँकि २६.६० की समदाब रेखा ध्रुव की ओर से जाती है, अतः दबाव कम हो रहा है। इसी सिद्धान्त की प्रयोग द्वारा व्याख्या की जाएगी।

समदाबी चाटों की व्याख्या में एक अन्य बात को भी समझ लेना चाहिए। बढ़ती हुई ऊँचाई के साथ-साथ वायुमण्डल का दबाव कम होता जाता है जैसा कि सामान्य तौर पर अच्छाई १२ में दिख गये तथ्यों द्वारा दिखाया गया है। इसे अधिक

विस्तारपूर्वक निम्नलिखित तालिका में दिखाया गया है, जिसमें किसी स्तम्भ की ऊँचाई विभिन्न तापमानों पर दबाव के ०.१ इंच के अनुसार दिखायी गयी है।

वायु दाब इंचों में Air Pressure in inches	औसत तापमान फारेनहाइट के अंशों में Average Temperature in Degrees Fahrenheit						
	२०°	३०°	४०°	५०°	६०°	७०°	८०°
	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट	फुट
२२	११६	११६	१२२	१२४	१२७	१३०	१३२
२३	१११	११४	११६	११६	१२४	१२४	१२६
२४	१०६	१०६	१११	११४	११६	१२१	१२१
२५	१०२	१०५	१०७	१०६	११२	११४	११६
२६	९८	१०१	१०३	१०५	१०७	११०	११२
२७	९४	९७	९९	१०१	१०३	१०६	१०८
२८	९१	९३	९५	९८	१००	१०२	१०४
२९	८८	९०	९२	९४	९६	९८	१००
३०	८५	८७	८९	९१	९३	९५	९७

उदाहरण के लिए, यदि कोई व्यक्ति समुद्र-तल से २९ मीटर (९५ फुट) ऊपर चढ़ जाए जहाँ तापमान ७०° फा० और दबाव ३० इंच हो तो वायुमण्डल का दबाव एक इंच पर ०.१ कम हो जाता है। किसी तल पर जहाँ दबाव केवल २८ इंच होता है (समुद्र-तल से १८०० फुट अथवा ६०० मीटर ऊपर वहाँ दबाव को इंच के ०.१ भाग को कम करने के लिए १०२ फुट अथवा ३१ मीटर ऊपर चढ़ना आवश्यक होगा।

यह स्मरण रखना चाहिए कि किसी समतापीय चार्ट के ऊपर दिखाये गये तापमान वे वास्तविक तापमान नहीं होते हैं जो देखे गये हैं वरन् समुद्र-तल से ऊपर की ऊँचाई के लिए छूट दी जाती है। इसी प्रकार किसी समदावी चार्ट पर दिखाये गये दबाव वास्तविक दबाव नहीं होते जो किसी स्थल पर समदावमापी द्वारा देखे जाते हैं। चार्ट के वे दबाव समुद्र-तल की ऊँचाइयों को ध्यान में रखकर बनाये जाते हैं। किसी समदावी चार्ट के ऊपर वायु दाब का अंकन करने से पहले समुद्र-तल से ९५ फुट अथवा २९ मीटर ऊपर के किसी स्थान के देखे गये वायुमण्डलीय दाब में, जब तापमान ७०° फा० होता है, एक इंच का ०.१ जोड़ दिया जाता है, यदि अवलोकित (देखा गया) दाब ३० इंच रहा हो। यदि तापमान पर्याप्त नीचा हो तो कम ऊँचाई के लिए ०.१ इंच जोड़ दिया जाएगा क्योंकि शीतल वायु अधिक भारी होती है। जैसे कि ४०° फा० के तापमान पर ८९ फुट अथवा २७ मीटर की ऊँचाई वायुमण्डल के दबाव में ०.१ इंच का अन्तर उपस्थित कर देती है।

समदाब तल (Isobaric surfaces) — कोई समदाब तल समान दाब रखने वाले स्थानों को जोड़ता है, अर्थात् जिन स्थानों के ऊपर वायु की समान मात्रा रहती है। उदाहरण के लिए, यदि समुद्र-तल पर किसी स्थान पर दबाव ३० इंच है और दूसरे पर दबाव २९.८० इंच है, तो ३० इंच का समदाब तल उस स्थान पर समुद्र के तल से नीचे चला जाएगा जहाँ समुद्र-तल पर दबाव केवल २९.८० इंच है। यदि

उम स्थान का तापमान 70° फा० है तो उस स्थान पर जहाँ तल पर दाब २६८० है, समुद्र तल से नीचे लगभग ५७ मीटर (१६० फुट) नीचे उतरना आवश्यक होगा ताकि वह स्तर प्राप्त हो सके जहाँ दाब ३० इंच है। यदि समुद्र तल पर किसी अन्य स्थान पर देखा गया दाब ३० १० इंच है तो वहाँ ३० इंच का समदाब तल समुद्र तल से ऊपर उठ जाएगा।

इन सम्बन्धों को चित्र ५१० और ५११ में दिखाया गया है। चित्र ५१० में समदाबी रेखाओं की एक श्रृंखला है जिसमें दाब ३० ०० से ३६ ७० इंच तक चलता है, चित्र ५११ समदाब तलों को दिग्गम के लिए एक ऐसे क्षेत्र में एक ऊर्ध्वार्धक काट (vertical section) है। इन चित्रों में यह देखा जा सकता है कि समदाब रेखाएँ (चित्र ५१०) व रेखाएँ होती हैं जहाँ समदाब-तल समुद्र-तल के समतल (plane) को काटते हैं।

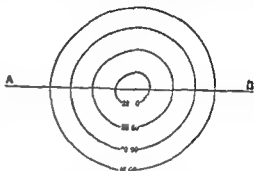


Fig 510

A series of isobaric lines showing diminishing pressure toward the centre

यदि जल का कोई तल वह आकृति रखता जो चित्र ५११ में दिखायी गयी है तो जल उच्च भाग से निम्न भाग की ओर को तब तक बहता जब तक कि तल एक स्तर पर न आ जाता। वायु जो जल की अपेक्षा अधिक तरल है, जल की तरह का ही व्यवहार करती है और उस प्रत्येक समदाब तल से नीचे की ओर की गतिमान हो जाती है जिसमें ढाल होता है। वायु की ऐसी गतियों को पवन (winds) कहते हैं। जब समदाबी ढाल विशाल होता है अथवा अन्य शब्दों में, जबकि समदाबी प्रवणता (isobaric gradient—समदाबी ढाल) उच्च होती है तो पवन मंद होती है, और जब समदाबी प्रवणता (gradient—ढाल) होता ही नहीं है, अर्थात् जब समदाबी तल समतल होता है

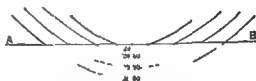


Fig 511

Section through the area represented in Fig 510, showing the position of isobaric surfaces. As the pressure toward the centre of the area shown in Fig 510 diminishes, the isobaric surface bends downward. It will be seen that isobaric lines are the lines where isobaric surfaces cut sea level.

ता पवन नहीं बनती है। जिस कारण से कोई तीव्र नदी तीव्र हो जाती है, बहुत कुछ उसी कारण से प्रबल पवन प्रबल हो जाती है और जिस कारण से कोई मंद नदी मंद होती है, अधिकतर उसी कारण से ही मृदुल पवन भी मृदुल होती है।

समदावी चार्टों का उच्चतम महत्त्व पवनो की दिशा और शक्ति को दिखाने में है और पवनों का निर्धारण समदाव तलों से होता है। किसी निश्चित स्थान की पवनों के विषय में जानने के लिए, हमें उसी तल के आसन्न (adjacent) क्षेत्रों के दबावों की तुलना करनी चाहिए। उदाहरण के लिए, पाइक्स पीक (Pike's Peak) के शीर्ष पर का दबाव उसी-ऊँचाई पर डेनवर (Denver) के ऊपर के दाब की तुलना में कैसा है, यह बात महत्त्वपूर्ण है।

चित्र ५१२ में A और B पर के दबावों का सम्बन्ध महत्त्वपूर्ण है, A और D के बीच के दबावों का सम्बन्ध नहीं। यदि A स्थान का समदाव तल एक समतल के रूप में B तक विस्तृत है तो दोनों स्थानों के बीच पवन नहीं चलेगी क्योंकि



Fig. 512

It is the atmospheric pressure at the same level in adjacent areas which determines air movements of air.

समदाव तल में ढाल नहीं है। अतः यह निश्चित करने के लिए कि पवने कैसी होगी, हमें समान तल पर दाबों की तुलना करनी चाहिए। इसी कारण से समदावी चार्टों में समस्त समदाव रेखाएँ समुद्र-तल पर लायी जाती हैं।

समदाव रेखाओं के मार्ग (The courses of isobars)—चित्र ५०६ को पुनः देखने पर अनेक बातों की सरलता से देखा जा सकता है—(१) समदाव रेखाओं का मार्ग सामान्यतः पूर्व-पश्चिम होता है, यद्यपि उनमें से अनेक अनियमित होती हैं; (२) सामान्यतः वे उच्च अक्षाणों की अपेक्षा निम्न अक्षाणों में ऊँची होती हैं; (३) उष्ण कटिबन्ध के ठीक बाहर के अक्षाणों में वे सबसे ऊँची होती हैं; (४) उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध में वे अधिक नियमित होती हैं; और (५) सामान्यतः समुद्र की अपेक्षा स्थल पर वे अधिक अनियमित होती हैं।

समदाव रेखाएँ और समानान्तर रेखाएँ (Isobars and parallels)—यद्यपि अनेक समदाव रेखाएँ अति अनियमित होती हैं तथापि उनके सामान्य मार्ग पूर्व-पश्चिम ही होते हैं और उनमें से कोई भी किसी उल्लेखनीय दूरी तक उत्तर-दक्षिण का मार्ग नहीं बनाती। इस विषय में वे सामान्य रूप में समताप रेखाओं के ही अनुसार होती हैं (चित्र ४७३)।

अब हमें इस बात को ज्ञात करना है कि सामान्यतः समदाव रेखाएँ समानान्तर रेखाओं (अक्षाणों) के साथ-साथ क्यों चलती हैं।

यह पहले ही देखा जा चुका है कि समताप रेखाएँ समानान्तरों के साथ ही साथ चला करती हैं। क्या अक्षांश, अथवा तापमान का वितरण, अधिकांशतः अक्षांश द्वारा निर्धारित, दबाव को प्रभावित करता है, और इस प्रकार समदाव रेखाओं की स्थिति निश्चित करता है? अथवा क्या कोई अन्य कारण है जो उनकी स्थिति को नियन्त्रित अथवा प्रभावित करता है?

उच्च अक्षाणों की अपेक्षा निम्न अक्षाणों के तापमान उच्च हुआ करते हैं, और तापमान की वृद्धि वायु के विस्तार को बढ़ा देती है और उसे (वायु को) हलका

(२) चित्र ५१३ और ५१४ से यह देखा जा सकता है कि जनवरी और जुलाई के दाब के बीच का अंतर अत्यन्त किसी स्थान की अपेक्षा एशिया में अधिक है, अंतर की अधिकतम गीमा १ इंच है। उत्तरी अमरीका और दक्षिणी अफ्रीका में यह अंतर लगभग १ इंच का ०.४० भाग है, जबकि यूरोप और दक्षिणी अमरीका में यह जोर भी कम है। दाब का ऋतु सम्बन्धी सीमांतर (seasonal range of pressure) स्थल के विशाल क्षेत्रों पर लघु क्षेत्रों की अपेक्षा अधिक है। यह ध्यान देने की बात है कि यह निम्न तापमान व मौसमी परिवर्तन के साथ समान रहता है (चित्र ४७४ और ४७५ की तुलना कीजिए), और समदात्र रेखाओं और समताप रेखाओं के मध्य घनिष्ठ सम्बन्ध का एक और अन्य प्रमाण है।

(३) यह ध्यान देने की बात है कि जनवरी में उत्तरी गोलार्द्ध में उच्च दाब की पट्टी का केन्द्र 30° अक्षांश अथवा उससे थोड़ा ऊपर है, और स्थल पर उत्तर की ओर की पट्टी के विशाल विस्तार है। उसी समय पर दक्षिणी गोलार्द्ध में उच्च दाब की पट्टी का केन्द्र लगभग 25° अक्षांश में है। दूसरी ओर जुलाई में उत्तरी गोलार्द्ध में उच्च दाब की पट्टी का केन्द्र लगभग 35° अक्षांश में और दक्षिणी गोलार्द्ध में लगभग 30° अक्षांश में है। अर्थात् उच्च दाब की पट्टियों के केन्द्र सूय की स्पष्ट गति के साथ एक रूप में स्थान परिवर्तन करते हैं।

(४) यह भी ध्यान देने की बात है कि समुद्र के ऊपर दाब की ऋतु सम्बन्धी विभिन्नता मामूली उतनी अधिक नहीं है जितनी कि वह स्थल के ऊपर है। तापमान का ऋतु सम्बन्धी परिवर्तन समुद्र के ऊपर भी कम है, (चित्र ४७४ और ४७५ की तुलना कीजिए)।

(५) प्रत्येक गोलार्द्ध में उच्च दाब (30 इंच से अधिक) की पट्टी घूम (जुलाई उत्तरी गोलार्द्ध और जनवरी दक्षिणी गोलार्द्ध में—चित्र ५१३ और ५१४) में अत्यधिक सकुचित ही नहीं होती वरन् प्रत्येक गोलार्द्ध में स्थल पर टूटी हुई भी है। इसमें प्रकट होता है कि समुद्र और स्थल के सम्बन्ध दाब का प्रभावित करते हैं। चूंकि समुद्र और स्थल तापमान को प्रभावित करते हैं, अतः दाब के ऊपर उनका प्रभाव, तापमान के ऊपर उनके प्रभाव का केवल एक परिणाम हो सकता है।

तापमान और समदात्र रेखाओं के मध्य एक स्पष्ट सम्बन्ध है, किन्तु यह भी स्पष्ट है कि तापमान समदात्र रेखाओं द्वारा दिखाये गये दाबों के वितरण की पूर्ण व्याख्या नहीं कर पाता है। उष्ण कटिबंधों से बाहर उच्च दाबों की और उच्च अक्षांशों में निम्न दाबों की व्याख्या जो एक ऐसी विशेषता है जो सभी प्रांतों पर दिखाई पड़ती है, तापमान में नहीं मिलती है।

समदात्र रेखाएँ एवं आद्रता (Isobar and humidity)—हम देख चुके हैं कि जलवाष्प वायु को हलकी कर देती है। क्या उष्ण अक्षांशों में महासागर के ऊपर समदात्र रेखाएँ उही स्थानों पर निम्नतम हैं जहाँ पर वायु औसत रूप में अधिकतम आद्रता रखती है? चित्र ५१२, ५१३ और ५१४ प्रकट करत हैं कि स्थिति ऐसी नहीं होती है। अतः यह परिणाम निकालना उचित ही है कि वायु में आद्रता की

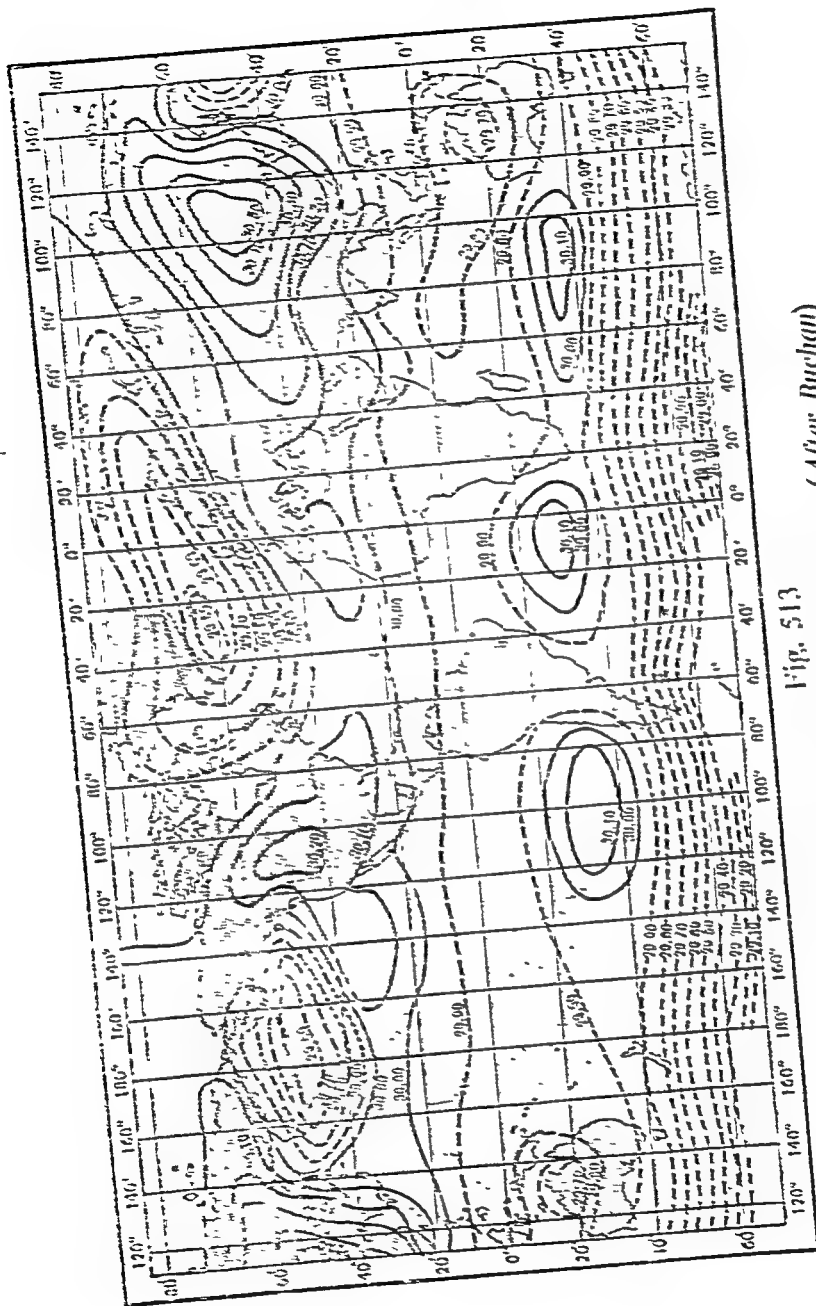


Fig. 513

Chart of isobaric lines for January.

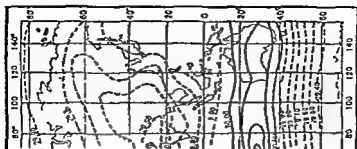


Fig 514
Chart of isobars for July (After Buchan)

मात्रा समदाब रेखाओं के नियन्त्रण में प्रधान कारण नहीं होती है, यद्यपि वायुमण्डलीय नमी को वायुमण्डलीय दाब को प्रभावित अवश्य करना चाहिए।

वायु में तापमान और आर्द्रता की असमानताएँ ही एकमात्र वे कारण हैं जो अब तक के अध्ययन के अनुसार समदाब रेखाओं को प्रभावित कर सकते हैं; और चूँकि वे वायुमण्डलीय दाब के वितरण में सबसे अधिक ध्यान देने योग्य विशेषता कि निम्न अक्षांशों में उच्च दबाव होता है, को स्पष्ट नहीं कर पाते हैं, अतः हम इस परिणाम पर पहुँचते हैं कि तापमान और नमी के अतिरिक्त कोई अन्य कारण उनकी व्याख्या में होना आवश्यक है।

उच्च दाब की पेटियाँ (The high pressure belts)—उच्च अक्षांशों की अपेक्षा निम्न अक्षांशों में उच्च दाब और उष्ण कटिबन्धों के ठीक बाहर की ओर उच्चतम दाबों की व्याख्या समदाबी चाटों पर नहीं मिलती है। दाब के वितरण की ये विशाल विशेषताएँ सम्भवतः परिभ्रमण (circulation) के प्रभाव के भीतर वायुमण्डल के सामान्य संचार द्वारा स्पष्ट की जा सकती हैं। इस बात से सम्बन्धित कतिपय कारण नीचे दिये जा रहे हैं।

भूमध्यरेखीय कटिबन्ध में वायु तपती है और फैलती है। जब वह फैलाव की क्रिया द्वारा ऊपर उठती है तो उसे उत्तर-दक्षिण की ओर फैलना चाहिए। यदि फैलाव वायुमण्डल को नितल से लेकर शीर्ष तक के मार्ग भर में प्रभावित करता है तो (चित्र ५१५) के अनुसार भूमध्यरेखीय कटिबन्ध में वायुमण्डल के शीर्ष से दोनों ओर को वायु बाहर की ओर फैलेगी; इस फैलाव का कारण वही होता है जो किसी टीले (mound) अथवा कटक (ridge) के शीर्ष से जल के लुढ़कने का होता है। किन्तु तापन (heating) द्वारा वायु का फैलाव मुख्यतः वायु के निचले भाग में होता है। जब निचली वायु

फैलती है तो वह अपने ऊपर की वायु को ऊपर की ओर धकेलती है। नितल पर की वायु का दबाव, ऊपर अपवाह (out flow) होने से पहले, कम नहीं होता है, किन्तु ऊपर किसी स्थान पर का दबाव, मान लो कि प्रभावशाली तापन की ऊपरी सीमा पर, बढ़ जाता है, क्योंकि उस स्तर के ऊपर अब वायु का

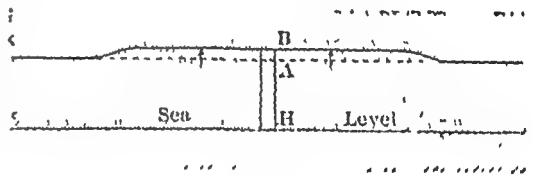


Fig. 515

Expansion of the lower air as a result of heating, crowds the air above, and so increases its density and pressure, as compared with the density and pressure of air at the same level outside the heated area.

एक विशाल भाग एकत्रित हो चुका होता है। इस तथ्य को चित्र ५१५ और ५१६ द्वारा प्रकट किया गया है। चित्र ५१५ तापन के कटिबन्ध के ऊपर वायु के एकत्रित होने को प्रकट करता है, और चित्र ५१६ उन समदाबी ढलानों (slopes) को प्रकट करता है जो वायु के एकत्रीकरण के परिणामस्वरूप उत्पन्न होते हैं। वायुमण्डल के

नितल के अतिरिक्त, समदावी तल (isobaric surfaces) भूमध्यरेखीय कटिबंध में दोनों ओर नीचे की ओर को ढलवा होत हैं, और वायु सदैव किसी समदावी तल से नीचे को बहा करती है। अतः वह फैली हुई वायु तप हुए भूमध्यरेखीय कटिबंध से ऊपर की उठती है और चित्र ५१७ के अनुसार वायुमण्डल के नितल में ऊपर किसी तल से समदावी तल से नीचे घुसा की ओर बहना लगती है। भूमध्यरेखीय कटिबंध में कुछ वायु ध्रुव की ओर बहती है तो भूमध्यरेखीय कटिबंध के नितल पर दाब कम हो जाता है, क्योंकि ऊपर वायु की मात्रा कम हो जाती है। साथ ही साथ भूमध्यरेखीय कटिबंध के दोनों पार्श्वों पर दाब बढ़ जाता है, क्योंकि वहां पर वायु की मात्रा बढ़ जाती है।

(२) जब भूमध्यरेखीय कटिबंध की वायु फैलती है तो वह पार्श्वों एवं

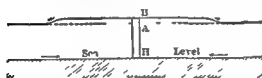


Fig 516

The condition of things represented in Fig 515 gives rise to movements of air

ऊपर दोनों ओर को धक्का देती है, और इस प्रकार जिस कटिबंध में फैलाव होता है उसके बाहर वायु को संपीड़ित कर (compressed—दबा) दिया करती है।

म वायु का बाहर की ओर बहना और सकुलन (crowding) दोनों ही प्रमाण ताप के कटिबंध से बाहर वायु का दबाव बढ़ा दिया करते हैं, किंतु वे इन बात को स्पष्ट नहीं करते हैं कि अधिकतम दाब के कटिबंध में 30° जयवा उमसे कुछ ऊपर के अक्षांश में क्या होना चाहिए।

उच्च दाब पटिया के परिणामस्वरूप उष्ण कटिबंधीय अक्षांशों की बाहरी सीमा पर उत्पन्न नितल पर की वायु की गति उनका स्थिर रखती है। उनसे ध्रुव की ओर चलने वाली वायु उत्तरी गोलार्द्ध में अपनी दाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर को मुड़ जाती है, और दाना गानाओं में पछुवा पवन बन जाती है। इन दाना ही दशाओं में यह मुड़ाव (turning) इन पवनों को अपनी गति की दिशाओं के भूमध्यरेखीय पार्श्वों की ओर एकत्रित होने के लिए बाध्य करता है। इससे उच्च दबाव पटिया में उनके ध्रुव की ओर के पार्श्वों पर सकुलन द्वारा दाब को स्थिर रखने और बढ़ाने में सहायता मिलती है।

उच्च दाब की बाहरी उष्ण कटिबंधीय पटिया (extra tropical belts) के निश्चित हो जाने पर विभिन्न अनियमितताएँ और एक ऋतु से दूसरी ऋतु में होने वाले दबाव के परिवर्तन, जैसा कि समदाब चाटों द्वारा दिखाया गया है, मुख्यतः तापमान के अंतरों द्वारा समझाये जा सकते हैं।

निम्न दबाव के स्थायी क्षेत्र (Permanent areas of low pressure)—चित्र ५०६ उत्तरी प्रशांत और उत्तरी अटलांटिक महासागरों में निम्न दाब के क्षेत्रों को प्रकट करता है। जनवरी के चाट (चित्र ५१३) पर ये निम्न दाब के क्षेत्र और

भी अधिक स्पष्ट है, और जुलाई के चार्ट (चित्र ५१४) पर केवल मन्द रूप में अंकित है। ऐसे निम्न दाब के क्षेत्र दक्षिणी गोलार्द्ध में नहीं हैं। उन क्षेत्रों के वहाँ होने की कोई सन्तोषजनक व्याख्या नहीं दी गयी है।

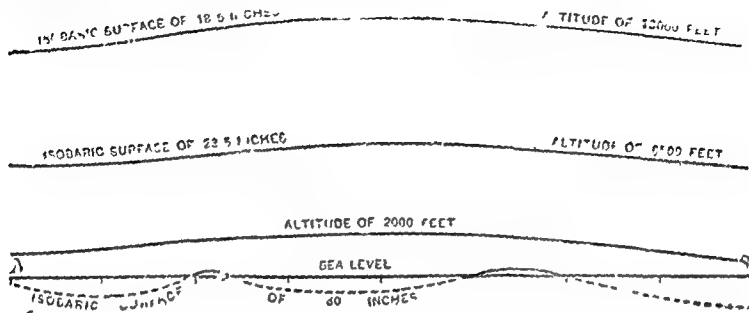


Fig. 517

Slope of isobaric surfaces along meridians at various altitudes
(After Waldo)

दाब की अस्थायी एवं स्थानीय विभिन्नताएँ (Temporary and local variations of pressure)—दाब की अनेक विभिन्नताएँ ऋतु सम्बन्धी, अथवा मासिक समदावी चार्टों पर भी, नहीं दिखायी जाती हैं, यद्यपि वे दैनिक मौसम के मानचित्रों पर दिखाई पड़ती हैं। इनका अध्ययन अगले अध्याय में किया जाएगा। दाब की ऐसी विभिन्नताएँ भी होती हैं जो दैनिक मानचित्रों पर दिखाई नहीं पड़ती हैं। उनमें दैनिक विभिन्नताएँ प्रमुख होती हैं, जो सम्भवतः तापमान के दैनिक अन्तर के कारण उत्पन्न होती हैं, जैसे कि लगभग १० वजे दिन और १० वजे रात को दैनिक विभिन्नताएँ अधिकतम और लगभग ४ वजे शाम और ४ वजे प्रातः काल ये विभिन्नताएँ न्यूनतम होती हैं। इन दैनिक परिवर्तनों का विस्तार एक डच के ०.०१ से ०.१५ भाग तक होता है और अधिकतम अन्तर निम्न अक्षांशों में रहा करता है।

वायुमण्डल का सामान्य संचार (परिसंचरण) (GENERAL CIRCULATION OF THE ATMOSPHERE)

प्रचलित और सामयिक पवनें

(Prevailing and Periodic Winds)

वायुमण्डलीय दबाव की असमानताओं में वायुमण्डलीय गतियाँ भी शामिल रहती हैं। चूँकि वायुमण्डलीय दबाव असमान होना है, और असमानताओं का नवीनीकरण (renew) करने वाली विधियाँ निरन्तर काम करती रहती हैं, अतः गतियाँ सदा चलती रहती हैं। असमान मूलताप वायु की गति अवस्था में बाधा डालने वाला सर्वाधिक महत्वपूर्ण कारण है, इसी कारण से वायु में गतियाँ उत्पन्न होती हैं और गतियों की प्राग्भिन्न दिशाओं का निर्धारण होता है, किन्तु वायु में एक बार गति उत्पन्न हो जाने पर वायु की गतियाँ पर पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का पर्याप्त प्रभाव पड़ता है। चूँकि मूलताप का अधिक भाग सदा उन्नी सामान्य वृष्टिबन्ध में रहता है, और पृथ्वी का परिभ्रमण सदैव एक ही दिशा में रहता है, अतः मूलताप और परिभ्रमण द्वारा उत्पन्न और संचालित वायु की गतियाँ प्रबल हों, परिणामस्वरूप, वायुमण्डल में सामान्य गतियाँ होती रहती हैं।

यह ध्यान रखना चाहिए कि वायु का संचार (गति) सदैव एक ही स्तर पर अधिक दाब के प्रदेश से कम दाब के प्रदेश की ओर होता रहता है, दूसरे शब्दों में, यह गति किसी वायुदाबमापीय (barometric) अथवा समदाबी (isobaric) ढाल के नीचे की ओर होती रहती है। साग प्रायः कहा करते हैं कि “पवन उधर की ही उड़ा करती है जिधर का उमरी इच्छा हुआ करती है।” यह उक्ति केवल इस अर्थ में गलत है कि वायु सदैव अधिकतम समदाबी ढाल पर पहुँचने के बाद नीचे की ओर बहने की इच्छा करती है। इससे विपरीत, जहाँ ढाल नहीं होता है, वहाँ वह बहने की इच्छा नहीं करती है।

असमान मूलताप के सामान्य प्रभाव

(The General Effect of Unequal Insolation)

यदि सम्पूर्ण पृथ्वी पर वायु निम्न तीन दशाओं में सम अवस्थाओं में होती—
(१) एक ही रूप में (is a uniform), (२) निम्न तापमान, और (३) मूल द्वारा कुछ समय तक क्षतिज गति के बिना ही (without involving horizontal movement) तब तकनी होनी—ता परिणाम यह होता कि उन सम्पूर्ण क्षेत्रों के ऊपर,

जहाँ उसके तापमान में वृद्धि होती, वायु का तल ऊँचा उठ जाता, और वहाँ पर मन्दमे अधिक ऊँचा उठता जहाँ वह सबसे अधिक तपता, अर्थात् निम्न अक्षांशों में (चित्र ५१७)। जैसा कि पिछले अध्याय में संकेत किया गया है कि इसके परिणाम-स्वरूप भूमध्यरेखीय प्रदेश से ध्रुवों की ओर एक वायुदावमापीय (barometric) ढाल की वही स्थापना होती जो वायु के ध्रुव की ओर की गति के लिए आवश्यक स्थिति हुआ करती है।

चूँकि उच्च अक्षांशों की अपेक्षा निम्न अक्षांशों में वायु सदैव अधिक सफलतापूर्वक गरम होती रहती है,¹ अतः दोनों गोलार्द्धों में भूमध्यरेखीय कटिबन्ध से ध्रुवीय कटिबन्धों तक वायु के नितल से ऊपर, गति को अनिवार्य रूप में निरन्तर समान रहना चाहिए। वायु की ये ध्रुव की ओर की गतियाँ निम्न अक्षांशों में वायुमण्डल के नितल पर दबाव को कम कर देती हैं, क्योंकि उस कटिबन्ध से वायु बाहर को चली गयी होती है। इस प्रकार भूमध्यरेखीय प्रदेश में जब दबाव कम हो जाता है, तो वायुमण्डल के नितल पर भूमध्यरेखा की ओर एक वायुदावमापीय ढाल (barometric gradient) उत्पन्न हो जाता है (चित्र ५१८), और तब उच्च अक्षांशों से भूमध्यरेखा की ओर वायु का आना आवश्यक हो जाता है। अतः यहाँ हमें सामान्य संचार के दो तत्त्व मिलते हैं—(१) ऊपर की वायु में ध्रुव की ओर की गति, और (२) निचली वायु में भूमध्यरेखा की ओर की गति; और जो कारण इन गतियों को उत्पन्न करते हैं वे निरन्तर क्रियाशील रहते हैं।

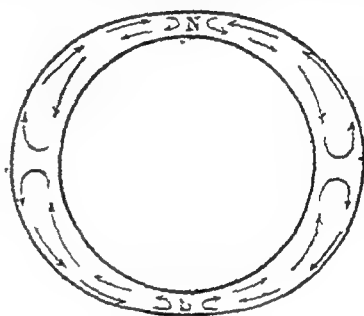


Fig. 518

Diagram showing the general system of circulation which would be established by unequal heating, as a result of differences in latitude.

सम्भवतः यह ध्यान रखने की बात है कि परिसंचलन की गतियों (circulatory movements) से नितान्त भिन्न, निम्न अक्षांशों की फैलती हुई वायु द्वारा वायु का सकुलन (crowding) पार्श्वों की ओर होगा (चित्र ५१३)। जहाँ तक यह अपना प्रभाव डाल सकेगा वहाँ तक तो यह उस तल के किसी स्थान के ऊपर जहाँ वायु फैल रही थी, वायु की मात्रा को कम कर देगा। यह तापन के कटिबन्ध (zone of heating) में ध्रुव की ओर के अंशों के ऊपर वायु की मात्रा में वृद्धि भी कर सकेगा और इस प्रकार वायु के निचले भाग में भूमध्यरेखा की ओर ढाल भी

¹ कभी-कभी उच्च अक्षांश निम्न अक्षांशों की अपेक्षा प्रतिदिन अधिक ऊष्मा प्राप्त करते हैं, किन्तु उच्च अक्षांशों की वायु कभी इतनी सफलतापूर्वक गरम नहीं होती है, क्योंकि वहाँ पर हिम (ice), शीन (snow), हिम से शीतल जल और जमी हुई (frozen) भूमि की अधिकता होती है।

उत्पन्न कर सकता। परिणाम यह होगा कि वायुमण्डल के नितल पर भूमध्यरेखा का जोर समदाबी (isobaric) ढाल उड़ जाएगा।

अतः केवल असमान तापन से ही वायु की गति के लिए निरन्तर एक प्रवृत्ति (tendency) मिलती है। ये गतियाँ (१) वायुमण्डल के नितल के ऊपर निम्न अक्षांश से ध्रुवों की ओर, और (२) उच्च अक्षांश से भूमध्यरेखा की ओर एक पूरक (compensatory) गति के रूप में होती हैं। वायुमण्डल के सामान्य संचार में ये आधारभूत घटनाएँ हैं। उनमें ऊर्ध्वाधर एवं क्षैतिज दोनों ही प्रकार की वायु की गतियाँ शामिल होती हैं। ऊर्ध्वाधर गतियाँ ये होती हैं—(१) निम्न अक्षांश में ऊपर की ओर, जहाँ वायु (अ) ऊपर की ओर को फैलती है, और (ब) नीचे में भीतर की ओर बहकर आने वाली अधिक शीतल और अधिक भारी वायु द्वारा ऊपर की ओर एकत्रित (crowded) हो जाती है, और (२) उच्चतर अक्षांश में नीचे की ओर। निम्न अक्षांशों के अधिक गरम हो जाने के कारण संचार (गति) की जा प्रणाली (system) अपने आप स्थापित होती वह चित्र ५१८ द्वारा सुझायी गयी है।

निम्न अक्षांश से ध्रुवों की ओर वायु की सामान्य गति निरीक्षण द्वारा स्पष्ट रूप से स्थापित हुई ज्ञात होती है, किन्तु निम्न अक्षांशों की ओर उनकी वापसी निरीक्षण की गयी पवना में बहुत कम स्पष्टता से अनुभव होती है। इसकी वापसी के विषय में कोई संदेह नहीं हो सकता है, किन्तु कैसे और कहाँ पर यह कार्यान्वित होती है, इसको भली प्रकार नहीं समझा जा सका है, क्योंकि निम्न अक्षांशों की निम्न ऊँचाइयों से बाहर (ध्यापारिक पवन के कटिबंद) भूमध्यरेखा की ओर कोई स्थायी गति नहीं देखी जाती है। वायुमण्डलीय उपद्रवा (disturbances) के अवसर पर कुछ वायु भूमध्यरेखा की ओर चलती है, और सम्भवतः वापसी का मुख्य कारण भी यही है। इन गतियों का अध्ययन जगल अध्याय में किया जाएगा।

यह ध्यान रखना चाहिए कि निम्न अक्षांशों में वायुमण्डल के नितल पर समदाबी ढाल ऊपर की वायु में ढाल के अनुसरण नहीं होते हैं (चित्र ५१७), तथापि ये स्पष्ट अनमल ढाल साथ-साथ रहते हैं। प्रत्यक्ष के कारण पहले ही बताये जा चुके हैं, उनके सह अस्तित्व (co existence) का अर्थ यह है कि ध्रुवों की ओर ढाल की प्रवृत्ति इतनी प्रबल होती है कि वायुमण्डल के अल्प भागों का छाड़कर केवल निचले भाग में ही इसका के कारण नहीं जीत सकते जा वायुमण्डल के नितल पर भूमध्य रेखा की ओर ढाल उत्पन्न करते हैं।

यदि परिभ्रमण और एक ही अक्षांश में स्थित स्थल और जल के क्षेत्रों की असमान गरमी का प्रभाव न होता, वायुमण्डलीय गतियाँ जिनका अभी अभी वर्णन किया गया है, मर्यादा-रेखाओं (meridians) के पीछे-पीछे चलती। परिभ्रमण वायुमण्डलीय गतियों के मार्ग को एक से अधिक प्रकारों से प्रभावित करता है। यह उत्तरी गोलार्द्ध में सभी धाराओं की दिशाओं को दाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर को मोड़ देता है। और, यदि पूर्ण रूप से नहीं भी सही तापमान से कम से कम अक्षत उष्ण कटिबंध के समीप, बाहरी उष्ण कटिबंध के अक्षांशों के उच्च दाब की

पेटियों में सम्भवतः सकेन्द्रित करने के लिए भी उत्तरदायी है, और उच्च दाब की ये पेटियाँ वायुमण्डल के नितल पर गति के मार्ग पर महत्वपूर्ण प्रभाव ही नहीं डालती बल्कि ऊपर कहे गये संचार की सरलता में बाधा डालती है।

उच्च दाब की बाहरी उष्ण कटिबन्धीय पेटियों का प्रभाव

(Effect of the Extra-tropical Belts of High Pressure)

प्रत्येक उच्च दाब की पेटि में (चित्र ५०६) समदाब तल वायुमण्डल के निचले भाग में ऊपर की धनुष के आकार में मुड़े रहते हैं (चित्र ५१७), और प्रत्येक से उत्तर-दक्षिण दोनों ओर का वायुदाब-मापीय ढाल रहता है। अतः इन पेटियों में प्रत्येक से वायुमण्डल के नितल पर दक्षिण और उत्तर दोनों ओर वायु का प्रवाह होना चाहिए। इन कारणों के अतिरिक्त इसमें यदि अन्य कारण शामिल न होते तो निचली वायु की गतियाँ वे ही होनी चाहिए जो चित्र ५१६ में दिखायी गयी है, और यदि उच्च दाब की पेटि का निरन्तर नवीनीकरण (renewal) करने के लिए शक्तियाँ क्रियाशील होती तो वायु की ये गतियाँ स्थायी रहती। उच्च दाब की पेटि के केन्द्र पर वायु की क्षैतिज गति भी न के तुल्य होती। इस स्थिति की सकीर्ण पेटि (narrow zone) उष्ण कटिबन्ध की शान्त पेटि (zone of tropical calms) कहलाती है।

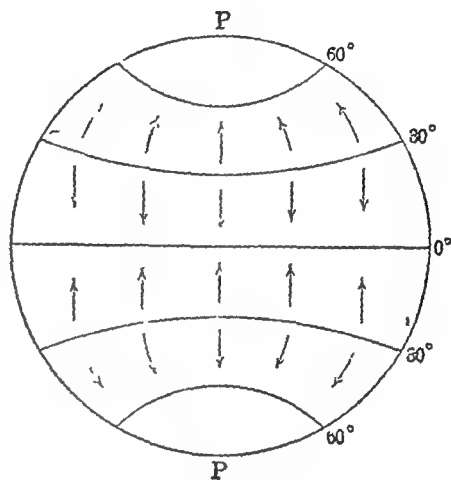


Fig 519

Diagram representing the general movements which would take place in the lower air if there were no rotation.

वायुमण्डल के विशाल भाग में ध्रुव की ओर के ढालों के बाद (चित्र ५१७), उच्च दाब की पेटियों से निचली वायु में वायुदाबमापीय ढाल सम्भवतः वायुमण्डल के सामान्य संचार में सर्वाधिक महत्वपूर्ण तथ्य है।

उच्च अक्षांशों में स्थित निम्न दाब के क्षेत्र

(The High Latitude Areas of Low Pressure)

उत्तरी महासागरो के ऊपर निम्न दबाव के स्थायी क्षेत्र (चित्र ५०६, ५१३ और ५१४) वायुमण्डलीय संचार में एक अन्य स्थायी कारण को उपस्थित करते हैं। उच्च दाब की पेटियों के प्रभाव की अपेक्षा उनका प्रभाव प्रायः कम स्वीकार किया जाता है, किन्तु सम्भवतः यह किसी छोटे महत्व की अपेक्षा अधिक महत्व का है। इन क्षेत्रों की ओर वायु को निरन्तर अन्दर की ओर अवश्य ही आते रहना चाहिए, और उन क्षेत्रों से वायु ऊपर उठती है और ऊपर से बाहर की ओर को बह जाती है; इस प्रकार वह संचार के सामान्य मार्ग को बदल देती है, और उसकी सरलता

का नष्ट करन में सहायक होती है। सम्भवतः यह बात महत्वपूर्ण है कि हिमालय युग में हिमाच्छादन के महान कन्द्र स्थायी निम्न दाब के इन क्षेत्रों के पूर्व में महाद्वीपों पर स्थित थे।

ऊपर दी गयी रूपरेखा के अनुसार एक गोलार्द्ध में वायुमण्डलीय संचार दूसरे गोलार्द्ध के संचार से नापन पर स्वतंत्र ज्ञात होता है। किन्तु यह कथन पहले कहे गये कथनों की तुलना में कम मूल्य है। उत्तरी गोलार्द्ध में जनवरी के औसत दाब का अनुमान २६.६८ इंच और दक्षिणी गोलार्द्ध के लिए उसी समय पर २६.७६

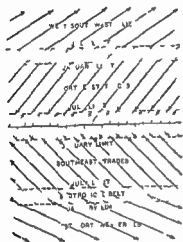


Fig 520

Diagram illustrating the shifting of wind zones (After Davis)

इंच पर लगाया गया है। उत्तरी गोलार्द्ध में जुलाई के लिए औसत दाब का अनुमान २६.८७ इंच और दक्षिणी गोलार्द्ध में २६.६९ इंच पर लगाया गया है। यह हिमाक्ष लगाया गया है कि जनवरी की दशा को उत्पन्न करने के लिए लगभग ३,२०,००,००० टन वायु पिछली गरमी की ऋतु (preceding summer) में दक्षिणी गोलार्द्ध से उत्तरी गोलार्द्ध में अवश्य पहुँचा दी गयी होगी। यह स्थानान्तरण सम्भवतः इस कारण होता है कि उत्तरी गोलार्द्ध में, विस्तृत स्थल क्षेत्रों का निम्न तापमान उस गोलार्द्ध में विशाल क्षेत्रों के ऊपर की वायु का तापमान इतना कम कर देता है और उसके घनत्व को इतना बढ़ा देता है कि ऊपर की वायु में उत्तरी ध्रुव की ओर का ढाल बढ़ जाता है, और वायुदाबमापीय तल का शिखर (चित्र

५१७) भूमध्यरेखा के दक्षिण की स्थानांतरण होता जाता है। अन्य शब्दों में, उस समय पवन भूमध्यरेखा (wind equator) और ताप भूमध्यरेखा (thermal equator) भौगोलिक भूमध्यरेखा (geographic equator) के दक्षिण में होती है। ताप भूमध्यरेखा के स्थानांतरण (shifting) के ही कारण पवन भूमध्यरेखा का स्थानांतरण क्रमशः चित्र ५७४ और ५७५ में दिखाया गया है, तथा उन्हीं के स्थानांतरण के कारण पवन कटिबंधों का संगत (corresponding) स्थानांतरण (चित्र ५२०) में दिखाया गया है।

य तीन कारण, अर्थात् (१) निम्न अक्षांशों की ऊपर की वायु में ध्रुव की ओर के ढाल (poleward gradients), (२) बाह्य ऊष्ण कटिबंधीय अक्षांशों (extra tropical latitudes) में उच्च दाब की पट्टियों में निचली वायु में ढाल, और (३) उच्च अक्षांशों में निम्न दाब के क्षेत्रों की ओर निचली वायु में ढाल (gradients in the lower air toward the areas of low pressure), वायुमण्डल के सामान्य संचार के प्रधान कारण हैं। जैसा कि हम आगे देखेंगे कि उनके

प्रभाव स्थल और समुद्र के असमान तापन द्वारा अत्यधिक आपरिवर्तित (modified—परिवर्तित) कर दिये जाते हैं।

पवनो की दिशाएँ

(Direction of Winds)

पवन के एक बार चल जाने के बाद, कई एक कारण वायु की दिशा को प्रभावित कर सकते हैं। पृथ्वी का परिभ्रमण उन कारणों में से सबसे मुख्य होता है। परिभ्रमण, केवल भूमध्यरेखा के तल (plane) में बहने वाली पवनो को छोड़कर सभी पवनो की दिशाओं को प्रभावित करता है। पवने ज्यो-ज्यो आगे को बढ़ती जाती है, उनकी दिशाएँ उतनी ही अधिक बदल जाती है।

निचली वायु की उन पवनो का एक सामान्य रेखाचित्र (generalized diagram), जिनका निरीक्षण किया जा चुका है, चित्र ५२१ में दिखाया गया है। यह चित्र उन पवनो को प्रदर्शित करता है जो उच्च ताप की बाह्य

उष्ण कटिबन्धीय पेटियों (extra-tropical belts) से बाहर की ओर बहती है और जो न्यूनाधिक रूप में क्रमबद्ध मार्गों का अनुसरण करती है। उच्च दाब की पेटियों से ध्रुवों की ओर जाने वाली पवने दोनों गोलार्द्धों में पूर्व की ओर मुड़ जाती है, और इस प्रकार पछुवा पवने बन जाती है (उत्तरी गोलार्द्ध में दक्षिण-पश्चिमी पछुवा और दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तर-पश्चिमी)। उच्च दाब की पेटियों से निचली वायु में भूमध्यरेखा की ओर बहने वाली पवने

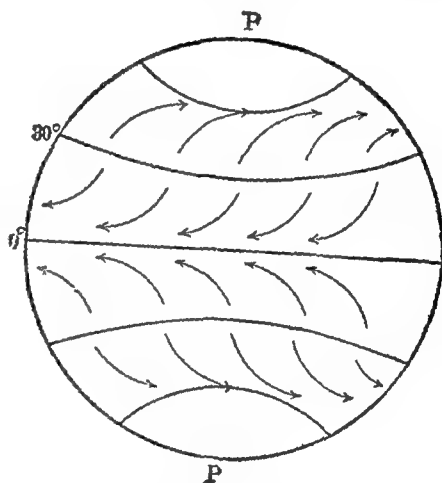


Fig. 521

Generalized diagram of wind directions at the bottom of the atmosphere.

पूर्वी पवने बन जाती है (उत्तरी गोलार्द्ध में उत्तर-पूर्वी तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में दक्षिण-पूर्वी)। ऐसी पवनो को व्यापारिक पवने (trade winds) कहते हैं। तापीय भूमध्यरेखा के साथ का प्रदेश, जहाँ उत्तर-पूर्वी और दक्षिण-पूर्वी व्यापारी पवने मिलती है और जहाँ क्षैतिज गतियों की अपेक्षा वायु की ऊपर उठती हुई धाराएँ अधिक स्पष्ट होती हैं, विषुव-प्रशान्त-मण्डल का कटिबन्ध (zone of equatorial calms) कहलाता है। प्रशान्त मण्डल (शान्त पेटि) के कटिबन्ध की स्थिति सूर्य के साथ-साथ कुछ ऊपर और नीचे को खिसक जाती है, और उसका केन्द्र तापीय भूमध्यरेखा के समीप बना रहता है। (चित्र ४७४ और ४७५ की तुलना कीजिए)। व्यापारिक (व्यापारी) पवने आश्चर्यजनक रूप से स्थायी होती है। ये नाविकों को प्राचीन काल से ज्ञात रही है और उन्होंने उनसे लाभ उठाया है।

मध्य अक्षांशों की पछुवा पवनें और निम्न अक्षांशों की व्यापारिक पवनें वायुमण्डल के नितल पर चलने वाली पवनें होती हैं और कभी कभी ग्रहों से सम्बन्धित पवनें (planetary winds—ग्रहीय पवनें) कहलाती हैं। चित्र ५१७ पर ध्यान देने से देखा जा सकता है कि व्यापारिक पवनो में अधिक गहराई नहीं हो सकती है। यद्यपि तल पर वे स्पष्ट होती हैं, तथापि कुछ सापेक्षतया तनिक ऊँचाई के ऊपर वे समाप्त हो जानी चाहिए, क्योंकि समदाबी तला की जाड़ति (confinement) बदल जाती है। जहाँ तक इन पवनो के निरीक्षण का प्रश्न है, यह कहा जा सकता है कि टेनेरीफ (कनारी द्वीपसमूह, २८° अक्षांश) पर लगभग ३,००० मीटर (१०,००० फुट) की ऊँचाई पर व्यापारिक पवनें समाप्त होनी हुईं ज्ञात की गयी हैं। उनकी ऊपरी सीमा दक्षिणी अमेरिका में विभिन्न पवता और हवाई द्वीपों पर देखी गयी है और इस उपर्युक्त सराया से बहुत भिन्न नहीं है।

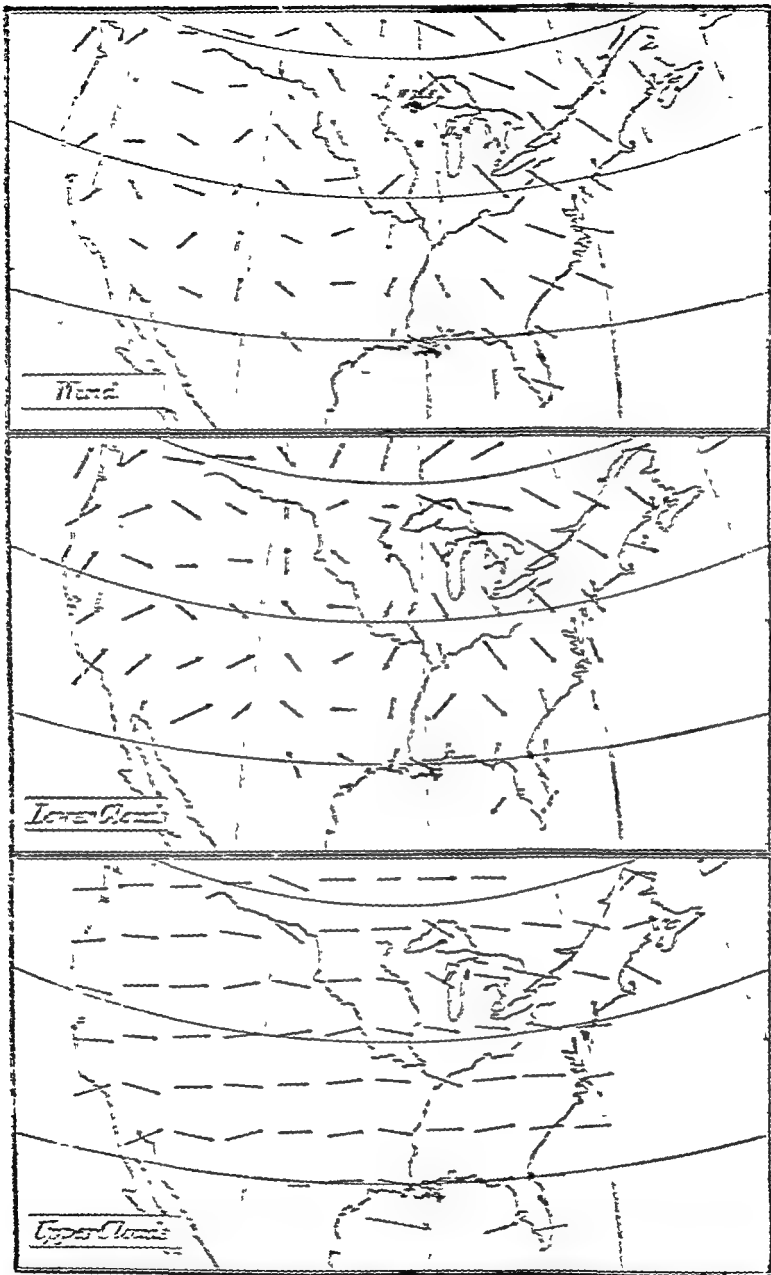
दूमरी और व्यापारिक पवना के विपरीत पछुवा पवना की गहराई अत्यधिक विशाल है। चित्र ५२२ और ५२३ मयुक्त राज्य अमेरिका में पवना की दिशाएँ—(१) वायुमण्डल के नितल, और (२) ऊपरी वादना के स्तर पर प्रकट करते हैं। दोनों स्थितियों में वायु के नितल पर गतियाँ अति भिन्न हैं, किन्तु ऊपरी वादना द्वारा दिखायी गयी गतियाँ दोनों ही स्थितियों में एक ही ओर ही हैं। यह ध्यान देने की बात है कि चित्र में दिखायी गयी समस्त पवनें समतापीय परत (isothermal layer) के नीचे हैं, और सभी 'निचले वायुमण्डल' (Lower atmosphere) में हैं।

स्थल और जल की पवनो की गतियाँ

(Land and Water Circulation)

यद्यपि वायुमण्डल के नितल पर पवनें चित्र ५२१ में दिखाये गये सामान्य क्रम में रहने की प्रवृत्ति को दिखाती हैं, तथापि इस क्रम की सरलता उन अनेक उपद्रव करने वाले प्रभावों द्वारा स्कावट होती है, जो ग्रहीय पवनो के क्रम को बदल देते हैं। इन उपद्रव करने वाले कारणों में से सबसे मुख्य कारण स्थल और जल के ऊपर वायुमण्डल का असमान तापन होना है। यह असमान तापन ग्रहीय पवनो की दिशा में केवल वाता ही उपस्थित नहीं करता बल्कि स्वयं पवनो को उत्पन्न भी करता है।

स्थल एवं जल के असमान तापन के प्रभावों के उदाहरण के रूप में मानसून और स्थल एवं सागर की समीपों का बणन पहने ही किया जा चुका है। मानसून का प्रभाव सम्भवतः साधारणतया जितना माना जाता है उसकी अपेक्षा अत्यधिक प्रबल है क्योंकि यह एक बड़े पैमाने पर प्रचलित पवनो को निष्प्रभावित (overcome—प्रभावहीन) कर देता है। उदाहरण के लिए, जाड में यूरेशिया औसत रूप में निचली वायु में वायु छाडने (air dispersion) का एक केन्द्र रहता है (चित्र ५१३), जबकि मेष में इसकी ओर वायु बहकर भीतर आती है, यद्यपि इसके क्षेत्रफल का अधिक भाग पछुवा पवना के कटिबंध में है। सम्भवतः यही प्रभाव प्रत्येक विशाल स्थलखण्ड के ऊपर और आसपास बड़े महत्त्व का है, किन्तु जहाँ पर



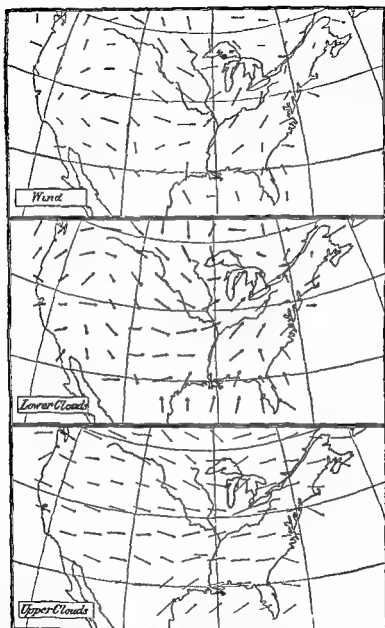


Fig 523

Figure showing the movements of the air when atmospheric pressure is low about Lake Superior. It will be noted that the movements in the upper air (lowest figure) are from the west as in the preceding case.

यह प्रचलित पवन के विरोध में आता है और उसे प्रभावहीन करता है, वहीं पर केवल उसे लोकर-प्रचलित मान्यता मिलती है।

भारत मानसून के प्रभाव का एक उत्तम उदाहरण प्रस्तुत करता है। यह देश उत्तरी व्यापारिक पवनों के अक्षांश में है, जहाँ उत्तर-पूर्वी पवनों को, ग्रहीय पवनों (planetary winds) का सामान्य योजना (general scheme) के अनुसार

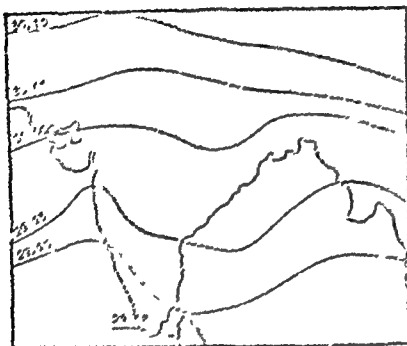


Fig. 524

The isobars of India for January. (After Bartholomew)



Fig. 525

Figure showing the direction of winds in India in winter. (After Koppen)

(चित्र ५२१), चलना चाहिए। चित्र ५२४ में, ढाल (प्रवणता—gradient) उत्तर-पूर्व में दक्षिण-पश्चिम की है, और पवन की दिशा (चित्र ५२५) ग्रहीय क्रम के साथ सामान्य मेल में है; किन्तु चित्र ५२६ में समदायी ढाल उत्तर की ओर की है,

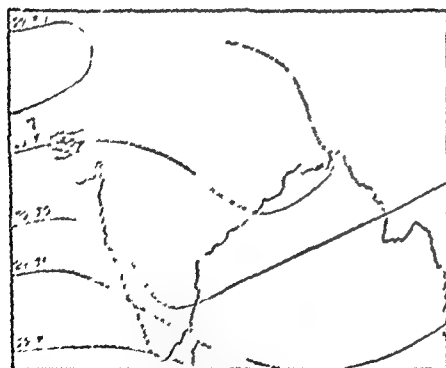


Fig 526

The isobars of India for August. (After Bartholomew)



Fig. 527

The winds of India in midsummer. (After Koppen)

क्योंकि समुद्र की अपेक्षा स्थल अधिक गरम है, और पवनें उस दिशा में बहती हैं (चित्र ५२७)। अर्थात्, ग्रहीय (उत्तर-पूर्वी) पवन ग्रीष्म ऋतु में उन पवनों द्वारा प्रभावहीन हो जाती हैं जो उस तापमान के ऋतु सम्बन्धी परिवर्तन से उत्पन्न होती हैं जो एक ऋतु सम्बन्धी प्रावण्य (ढाल—gradient) स्थापित करता है। इस

मौसम में ग्रीष्म की उष्मा द्वारा विकसित भागत के उत्तर का निम्न दबाव डम अक्षांश के लिए सामान्य (normal) उच्च दबाव के विपरीत होता है और प्रचलित पवन निम्न दबाव के क्षेत्र की ओर बहकर आने वाली मौसमी पवना द्वारा विस्थापित (displaced) हो जाती है। चित्र ५२८ और ५२९ उसी प्रदेश के लिए उन्ही ऋतुओं की समताप रेखाओं को प्रकट करते हैं और दाव एवं तापमान के मध्य के सम्बन्ध को स्पष्ट करते हैं।

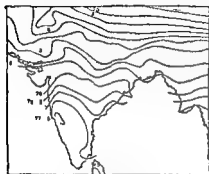


Fig 528

Isotherms of India for January
(After Buchan)

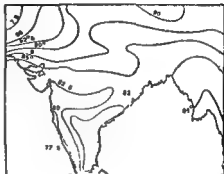


Fig 529

Isotherms of India for August
(After Buchan)

जब मानसून प्रचलित पवन के साथ बहती है जैसे कि जाड़े में पश्चिमी भारत में, तो उसमें प्रचलित पवन को शक्ति मिलती है यदि दोनों विपरीत दिशाओं में बहती है, जैसे पश्चिमी भारत में गर्मी में, तो वह अति प्रबल और प्रधान बन



Fig 530

Isobars and winds in Spain
and Portugal month of
January (After Hann)

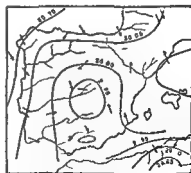


Fig 531

Isobars and winds in Spain
and Portugal month of July
(After Hann)

जाती है। पछुवा पवना के कटिबंध में स्थित स्पेन देश इसी बात का एक उत्कृष्ट उदाहरण है। चित्र ५३० और ५३१ जाड़े और ग्रीष्म की अवस्थाओं का दिखाते हैं। समताप रेखाएँ जाड़े में पठार के ऊपर नीची हैं, और समदाव रेखाएँ

ऊँची है, और इसके केन्द्र से पवने बाहर की ओर को बहती है। ग्रीष्म में परिस्थिति उलट जाती है। दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर, उष्ण कटिबन्ध के भीतर, स्थल की अपेक्षा सागर अत्यधिक शीतल है। अतः समुद्र से आने वाली पवन व्यापारिक पवन को प्रभावहीन कर देती है, और पछुवा पवने पर्याप्त समय तक चलती रहती है।

बड़ी झीलों (उत्तरी अमरीका) के आसपास मानसून का सामान्य सिद्धान्त अपना प्रभाव दिखाता है। शिकागो पर, जो दक्षिण-पश्चिमी पवनो के कटिबन्ध में है, वसन्त में उत्तर-पूर्वी पवनें प्रबल रहती हैं, क्योंकि उस समय झील स्थल की अपेक्षा अत्यधिक शीतल रहती है, और पवने स्थल की ओर आरम्भ हो जाती है तथा प्रचलित पवनो को प्रभावहीन कर देती है (चित्र ५३२)। झील से ८० किलोमीटर की दूरी पर किसी स्थान के लिए इसी प्रकार के रेखाचित्र अप्रैल में उत्तर-पूर्व से कम पवनो को दिखायेगे।

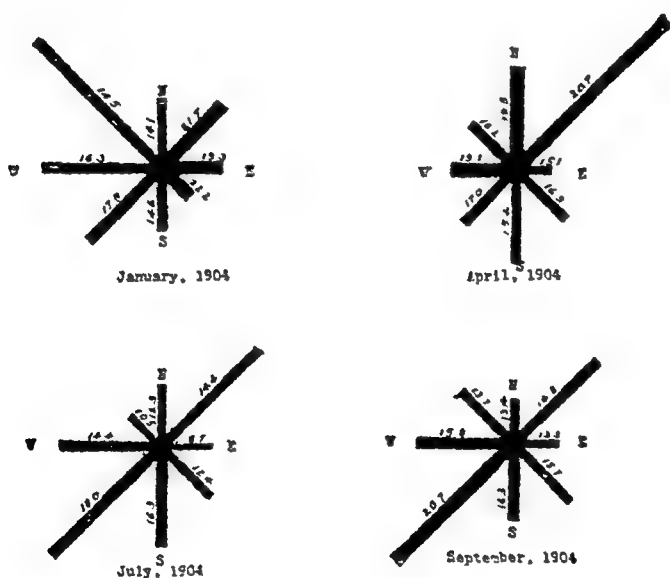


Fig. 532

Diagram showing the direction and velocity of winds in Chicago during January, April, July, and September, 1904. The proportionate length of time during which the wind blew from any given direction is shown by the length of the lines. The relative average velocity is shown by the width of the lines. The monsoon influence of the lake is seen in the preponderance of northeast winds in April. (Cox, U. S. Weather Bureau)

तटों के समीप दैनिक स्थल एवं सागर समीरों के लिए जो सिद्धान्त प्रतिपादित किया गया है, वह वही है जो मानसून पवनो का है, किन्तु इसके फलस्वरूप उत्पन्न पवने अधिक स्थानीय होती हैं। साधारणतया तट से बहुत दूर उनका अनुभव नहीं

हो पाना है, और वे अग्रिम ऊँचाईयों तक विस्तृत नहीं रहती हैं। कोनी द्वीप (Coney Island) पर, लगभग १५० मीटर (५०० फुट) की ऊँचाई तक, जब कभी सागर-समीर को निर्धारित किया गया है वह सीमित पायी गयी है। तनिक और ऊँच स्तर पर वायु की धाराएँ प्रचलित पवनो की धाराएँ थीं। कुछ अन्य स्थानों पर सागर समीरे ३६० मीटर (१,१०० फुट) की ऊँचाई तक विस्तृत पायी गयी है।

मैसाचुसेट्स (Massachusetts) के तट पर गर्मी के गम दिना की सागर समीर कभी कभी प्रायः काल आठ बजे से ही आरम्भ हो जाती है। यद्यपि अग्रिम साधारणतया इसके बहुत बाद आरम्भ हुआ करती है। आरम्भ में यह स्थल के भीतर ५ से १३ मीटर (१ से ८ मीटर) प्रति घण्टा की गति में आगे बढ़ती है, और बाद में अधिक मन्द गति से। यह स्थल के भीतर १६ मीटर से ३२ मीटर (१० से २० मील) तक प्रवेश कर जाती है और कभी कभी बिजली की चमकयुक्त आनी पानी (thunderstorm—तडिज्मचा) उत्पन्न करती है। दक्षिणी कैलीफोर्निया के तट पर स्थल एवं सागर की समीरे वृषपथन स्थायी रहती हैं, और जाटे की अपेक्षा ग्रीष्म में अधिक प्रबल रहती हैं। सामान्यतः स्थल की समीरे सागर की समीरा की अपेक्षा कम अच्छी तरह से विकसित होती है। बड़ी शीला के आसपास स्थल एवं सागर की समीरा के ही समान समीरा का अनुभव होता है।

सागर समीर का महत्त्व केवल इसलिए ही नहीं है कि वह गर्म मौसम में स्थल के तापमान को कम कर देती है, बल्कि इसलिए भी है कि वह स्थल की ओर शुद्ध वायु का ले आती है। घन प्रसरण तटों के समीप यह अत्यन्त महत्त्व की बात है। सागर समीर की व्याख्या की ओर पहले ही सकेत किया जा चुका है।

एक ही अक्षांश पर उच्च एवं निम्न स्थलों की असमान गर्मी भी सामान्य (normal) ग्रहीय संचार (planetary circulation) से हलका जोर अस्थायी अन्तर उत्पन्न कर देती है।

ग्रहीय पवनो, ऋतुकांतीन पवना और छोटी मासिक (periodic) पवना, जिनके आने और जाने के समय प्रायः नियमित से हैं—के अतिरिक्त अनेक अन्य पवनें भी होती हैं जो अनियमित समयों पर बहती हैं, और जिनके आने के विषय में बहुत पहले ही भविष्यवाणी नहीं की जा सकती है। ये अनियमित पवनें मौसम के अनिश्चित तत्त्वा की मुख्य कारण होती हैं। उनमें से कुछ विषम तापमानों के कारण, कुछ वायुमण्डलीय आद्रता की असमान मात्राओं के कारण और कुछ अन्य कारणों से उत्पन्न होती हैं।

असमान तापमान के कारण अनियमितकालीन (aperiodic) पवना के उदाहरण भँवर (whirlpool—चात जावन) और ववण्डर (tornadoes—प्रभजन) नाम की पवनें हैं। ये पवने अत्यधिक स्थानीय तापन (heating) द्वारा उत्पन्न प्रबल संचालन धाराओं के कारण उत्पन्न होती हैं। उष्णकटिबंधीय चक्रवात (tropical cyclone) वायु के कुछ विशाल भँवरों के ही उदाहरण हैं। इनका वर्णन अगले अध्याय में किया जाएगा।

साथ ही साथ, पवन जल की तरंगों को उत्पन्न करती है। तरंगों जिस स्थान पर उत्पन्न होती है, वे वहाँ से पर्याप्त दूरी तक देखी जा सकती है, और पवन के प्रवाह रुक जाने पर भी पर्याप्त समय तक देखी जा सकती है। इसी प्रकार से ही वायु के एक स्थान से दूसरे स्थान को चलने से उत्पन्न स्थानीय उपद्रव (local disturbances), विक्षोभ (disturbance) के स्थान से दूर तक अनुभव किये जाते हैं। अतः गतियाँ गतियों को उत्पन्न करती हैं।

सारांश

(Summary)

वायुमण्डलीय संचार के सम्बन्ध में अब तक निश्चित किये गये मुख्य तथ्य निम्नलिखित हैं :

(१) वायुमण्डल के निम्न भाग के ऊपर निम्न अक्षांशों से वायु की एक गति ध्रुव की ओर वाली गति होती है।

(२) उच्च अक्षांशों से निम्न अक्षांशों को वायु की एक सम्पूरक (compensatory) गति होनी चाहिए, किन्तु उच्च दाब की बाह्य-उष्णकटिबन्धीय पेटियों (extra-tropical belts) से बाहर यह गति सुस्पष्ट नहीं है।

(३) बाह्य-उष्णकटिबन्धीय उच्च दाब की पेटियाँ वे कटिबन्ध होते हैं जहाँ से प्रमुख “ग्रहीय” पवने (planetary winds) वायुमण्डल के नितल पर आरम्भ होती हैं।

(अ) ये ग्रहीय पवने उच्च दाब की पेटियों से प्रत्येक गोलार्द्ध में ध्रुव एवं भूमध्यरेखा की ओर बहा करती हैं।

(ब) पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) द्वारा वे उत्तरी गोलार्द्ध में दाहिनी और दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर को मुड़ जाती हैं। इस प्रकार वे व्यापारिक पवन के दोहरे कटिबन्धों को उत्पन्न करती हैं। भूमध्यरेखीय शान्त पेटि इन दोनों कटिबन्धों के मध्य में होती है, और उनमें से प्रत्येक कटिबन्ध के दूसरी ओर पछुवा पवनों के दो (एक उत्तर और दूसरा दक्षिण का) कटिबन्ध स्थित होते हैं, और प्रत्येक की भूमध्यरेखीय सीमा पर उष्णकटिबन्धीय शान्त पेटियाँ होती हैं।

(४) “ग्रहीय” पवनों के क्रम की सरलता स्थल और सागर के बीच तापमान की महान विपत्ताओं द्वारा गम्भीर रूप में बाधा पाती है। असमान तापन द्वारा स्थापित समदावी प्रवणताएँ (isobaric gradients—ढाल) उन प्रवणताओं की अपेक्षा ऊँची हो सकती हैं जो ग्रहीय पवनों का संचालन करती हैं। ऐसी दशाओं में ग्रहीय पवने ऋतु सम्बन्धी पवनों द्वारा जैसे कि मानसून, अथवा दैनिक समीरों द्वारा जैसे कि स्थल, एवं सागर समीरों द्वारा, और पर्वत एवं घाटी की समीरें अनुभव की जाती हैं। अनेक स्थानों में और अनेक समयों पर तापमान का प्रभाव इतना प्रबल होता है कि वायु के संचार में वही प्रधान कारक बन जाता है।

प्रवणता, वेग और पवन की दिशाएँ (Gradient, velocity and direction of wind)—किसी समदाब तल का ढाल उसकी प्रवणता (ग्रावण्य—

gradient) कहलाती है। विभिन्न दशो में प्रवणता का विभिन्न प्रकार में दिखाया जाना है। इंग्लैण्ड में वायुदाबमापीय प्रवणता तब बड़ी जाती है जबकि २७ किना मीटर में दाब का अंतर ०.०१ इंच होना है। संयुक्त राज्य में वायुदाबमापीय प्रवणता की साधारण परिभाषा यह है—“दो स्थानों, जो एक-दूसरे से अक्षांश की 1° की लम्बाई की दूरी पर हैं, के बीच एक ही स्तर पर दाब के अन्तर को प्रवणता कहते हैं।” जैसे, 5° अक्षांश दूर दो स्थानों के दाब का अंतर ०.५ इंच है, तो प्रवणता ०.१० इंच होगी, गणित के अनुसार $30 - 25 \times 0.5 = 5 - 5 = 0.10$ ।

प्रवणता जितनी अधिक होगी, पवन का वेग भी उतना ही अधिक तीव्रतर होगा। समदाबी चाट के ऊपर, उच्च प्रवणता समदाब रेखाओं के समुलन (crowding) द्वारा दिखायी जाती है। किसी ०.१० इंच की प्रवणता का अर्थ एक घण्टा में लगभग ४८ किलोमीटर (३० मील) चलने वाली पवन स होता है, और ०.२० इंच प्रवणता का अर्थ एक घण्टा में लगभग ८८ किलोमीटर (५५ मील) जाने वाला पवन स होता है। ये मर्यादें एक समतल (plane) तल (surface) की कल्पनाएँ हैं। वायुमण्डल के नितल पर वास्तविक वेग तल की बनावट द्वारा बहुत अपरिवर्तित (modified) हो जाता है। वनस्पति, भवना आदि^१ में युक्त असम धरातल (uneven surface) जब वायु का प्रतिरोध करता है तो वायु वेग (velocity) भी कम हो जाता है। जत यह कह सकते हैं कि तल जितना ही विषम (rough—ऊबट ग्राबड) होगा, वेग भी उतना ही कम होगा। निरीक्षण से विदित हुआ है कि कुछ स्थानों में वायु के नीचे स्थल के ऊपर भवनों की ऊँचाई पर (मान लो १२ मीटर) पवन का वेग, समुद्र के ऊपर की उतनी ही ऊँचाई पर के वेग का केवल लगभग एक चौथाई होता है, जबकि ३० मीटर से ४५ मीटर (१०० से १५० फुट) की ऊँचाई पर वेग समुद्र के ऊपर की १२ मीटर (४० फुट) की ऊँचाई के वेग का आधा होता है।

सामान्यतः पवनो का औसत वेग 50° अक्षांश उसके आसपास के अक्षांश पर अधिकतम रहता है। संयुक्त राज्य के लिए औसत वेग प्रति घण्टा लगभग १६ किलोमीटर (९.५ मील) और यूरोप के लिए लगभग १७ किलोमीटर का अनुमान लगाया गया है, दोनों ही नाप वायुमण्डल के नितल पर के हैं। नीची वायु का अपक्षा ऊँची वायु का वेग अधिक होता है, जिसका कारण यही है जिससे स्थल पर की अपक्षा समुद्र पर का वेग अधिक होता है। सामने दी गयी तालिका (table) नितल के ऊपर विभिन्न स्तरों पर पवन के वेग का प्रकट करती है। यह बॉस्टन (Boston) के समीप ब्लू हिल ऑब्जर्वेटरी (Blue Hill Observatory) में बादलों की गति पर किय गये निरीक्षणों पर आधारित है।

^१ हेल्महोल्ट्ज (Helmholtz) ने हिमाव लगाया है कि यदि वायु का समस्त पिण्ड (body) प्रति घण्टा २० मील (३२ किलोमीटर) की एकरूप गति पर चलाया जाए तो प्रतिरोध (friction) के परिणामस्वरूप उसको १० मील (१६ किलोमीटर) की गति पर लाने में लगभग ४३,००० वर्ष लगेंगे।

Computed Easterly or Westerly Wind Velocities Along a Meridian

अक्षांश (Latitude)	E=Easterly; W=Westerly winds भिन्न-भिन्न ऊँचाइयो पर पवन का वेग प्रति घण्टा मीलो मे (Velocity of wind in miles per hour at various altitudes)				प्रत्येक के साथ वेगो का उत्कर्ष लगभग ३,३०० फुट की ऊँचाई पर (Increase in velo- cities with each (about) 3,300 feet in altitude)
	समुद्र-स्तर (Sea-level)	लगभग ३,३०० फुट (About 3,300 feet)		लगभग १३,२०० फुट (About 13,200 feet)	मील प्रति घण्टा (Miles per hour)
उत्तरी अक्षांश ७५°	E २७	W. ०२	W ६२	W. +३०	
७०°	E २०	W. २०	W. १४३	W ४१	
६५°	W ०१	W. ४६	W. १६३	W. ४८	
६०°	W २४	W. ७६	W २३१	W ५२	
५५°	W. ३४	W. ८७	W २४५	W ५३	
५०°	W ३३	W ८७	W. २४६	W ५४	
४५°	W. ३०	W. ८५	W २५०	W. ५५	
४०°	W. १६	W. ७२	W २४०	W. ५६	
३५°	E ०७	W ५०	W २२४	W ५८	
३०°	E ५३	W ०६	W १८२	W. ५९	
२५°	E ८६	E ३१	W १४४	W ५८	
२०°	E ६४	E ३८	W १३०	W. ५६	
उत्तरी अक्षांश १५°	E ७८	E ४३	W. ६१	W. ३५	
भूमध्यरेखा ०°					
द० अक्षांश १५°	E १५६	E १०५	W. ४८	W ५१	
२०°	E. १३०	E. ८२	W ६४	W. ४८	
२५°	E ६४	E १७	W १२५	W ४७	
३०°	W २४	W ७०	W. २१०	W ४७	
३५°	W ७७	W १२३	W २६१	W ४६	
४०°	W ११६	W १६२	W ३००	W ४६	
४५°	W १४६	W १६५	W ३३३	W ४६	
५०°	W १७१	W २१७	W. ३५७	W. ४६	
५५°	W १७०	W २१६	W ३५६	W ४७	
६०°	W. १३६	W १३२	W. ३२२	W +४७	

यह तालिका प्रकट करती है कि ऊँचाई की वृद्धि के साथ वेग की वृद्धि होती है। तालिका के अनुसार व्यापारिक पवने ४,००० मीटर (१३,२०० फुट) की ऊँचाई तक नहीं पहुँचती है क्योंकि इस ऊँचाई पर समस्त पवने पूर्व की ओर बहती हुई प्रस्तुत की गयी है। तालिका उनको ऊँची ऊँचाइयों की अपेक्षा निम्न

ऊँचाईयो में, विशेषकर उत्तरी गोलाद्ध में, मूम-यस्त्रा न दूर फैलती हुद प्रस्तुत करती ह ।

सामान्य सचार और अवक्षेपण (General Circulation and Precipitation)

स्थल के दोना ही जीवना, वनस्पति एवं जीवधारिया, के लिए वर्षा अतिरुतम महत्त्व की वस्तु होती है । वर्षा के अभाव म शुष्क प्रदेशो में सामान्यतः वना और हरी वनस्पति की कभी होनी है, और जहा वनस्पति नहीं होनी वहा पर जानवर भी नहीं हाते है । मानव व्यवसाय भी वर्षा की मात्रा और उसके वितरण द्वारा अत्यन्त प्रभावित रहते है जैसा कि इस घटना से मिद्ध है कि कोई शुष्क प्रदेश घनी जन सख्या का आश्रय नहीं देता है । १९१० ई० में नवादा में, जिमना अफिरुत भाग वष में १० इंच से भी कम वर्षा प्राप्त करता है, प्रत्येक १ $\frac{1}{2}$ वर्गमील (लगभग ३.१ वर्ग किलोमीटर) में केवल १ की जनसख्या थी । सयुक्त राज्य की जनमख्या का ४ प्रतिशत से कम देश के उस तिहाई भाग म रहता है जहा वर्षा प्रति वष २० इंच में कम हाती है । उत्तम से उत्तम भूमि तब तक अनुत्पादक रहगी जब तक कि उसका पर्याप्त मिचन न हो । साधारणत यह माना जाता है कि कृषि के लिए कम में कम वार्षिक वषा २० इंच तो होनी ही चाहिए किन्तु माथ ही माथ, कृषि का बहुत कुछ भाग अक्षांश और वषा के ऋतुमन्धवी वितरण पर भी निर्भर करना है । जलवाम जितनी ही अधिक उष्ण हागी, वर्षा की आवश्यकता भी उतनी ही अधिक होगी । यदि वर्षा ऐसे समय पर नहीं होती जबकि पडी फमल का दमकी बहुत आवश्यकता होती ह तो २० इंच की वासत वर्षा भी कृषि के लिए कम रहती है । यदि वषा का आदश वितरण हो पाता, ना सयुक्त राज्य के मध्यवर्ती अक्षांश म सम्भवत १० इंच की वर्षा भी कृषि के लिए पर्याप्त होती । जब पौधे नहीं उग रह होते है, तब वर्षा और हिम का गिरना निरर्थक नहीं होता कयाकि उसका कुछ जन भूमि म समाया रहता है और बाद में पौधा क लिए मिल जाता है । “शुष्क ऐती” (dry farming) की सफलता की एक मुख्य बात यही है कि भूमि का दम प्रकार रखा जाता है कि वष में होने वाली वषा क दिना में जल को भूमि और अतः भूमि (subsoil) म तब तक के लिए राक लिया जाता है जब तक कि पौधो के बदन की ऋतु न आ जाए ।

सिचाई किय जा सकन वाले स्थल स्थानीय वर्षा और हिम पर निर्भर नहीं रहत है, किन्तु सिचाई म प्रयोग किये जान वाला जल वषा स प्राप्त होता है यद्यपि अवक्षेपण उस स्थान म दूर हा सकता है जहा कि जल काम म लाया जाता है । यद्यपि अमरीका म सिचाई के महान परिणामा व हान की सम्भावनाएँ ह, तथापि यह शुष्क भूमि के एक खण्ड से अधिक भाग को कृषि के दृष्ट्या के लिए महत्वपूर्ण कभी भी नहीं बना सकेग, कयाकि जितना जल मिलता है उसकी मात्रा सीमित है ।

वर्षा का वितरण अधिकांशत उन पवना द्वारा प्रभावित है जो आद्रता का

उन स्थानों से जहाँ उसका वाष्पीकरण होता है, उन स्थानों को ले आती है जहाँ पर तापमान उसके संघनन और अवक्षेपण के लिए अनुकूल होता है। प्रचलित पवने, नियत-कालिक पवने, और अनावर्तित पवने (aperiodic winds), सभी इस वान को निर्धारित करने में अपना कार्य करती है कि वर्षा कहाँ हो, कितनी हो, और वर्ष में किस-किस समय पर हो। वायु की ऊर्ध्वाधर गतियाँ भी वर्षा के सम्बन्ध में कुछ कार्य करती है और कुछ स्थानों में उन धैतिज गतियों की अपेक्षा अधिक महत्त्वपूर्ण होती है जिनके लिए 'पवन' शब्द साधारणतः सीमित ही है।

किसी निश्चित प्रदेश की वर्षा (अथवा हिमपात) जानने के लिए यह जानना आवश्यक है—(१) कौनसी पवने इसे प्रभावित कर रही है, (२) उस तल की स्थलाकृति जिनके ऊपर होकर पवने वहाँ पहुँचने से पहले बहकर आयी है, और (३) उस स्थान की स्वयं की स्थलाकृतिक परिस्थिति और उसके सम्बन्ध।

व्यापारिक पवनों के प्रदेशों में वर्षा (Rainfall in the zones of trades)—
व्यापारिक पवनों के प्रदेशों में पवनें उच्च अक्षांशों से निम्न अक्षांशों की ओर बहती हैं, और इसीलिए सामान्यतः शीतल अक्षांशों से उष्ण अक्षांशों की ओर चलती हैं। जब वायु गरम होती है तो वह अधिक नमी ग्रहण करने में समर्थ होती है। अतः जब तक व्यापारिक पवने समुद्र के ऊपर बहती हैं तब तक वह साधारणतया वर्षा नहीं करती। जहाँ वे उन निचले स्थलों पर बहती हैं जो इन अक्षांशों में समुद्र की अपेक्षा अधिक गरम होते हैं, वहाँ वे अपनी नमी को छोड़ने की अपेक्षा नमी का और भी अधिक शोषण करती हैं। अतः समुद्र और निचले स्थानों के ऊपर व्यापारिक पवने 'शुष्क' पवने होती हैं। सहारा और आस्ट्रेलिया के पर्याप्त भाग व्यापारिक पवनों के प्रदेश में होने पर भी मरुस्थल हैं।

किन्तु यदि व्यापारिक पवनों को किसी पर्वत के ऊपर चढ़ने को बाध्य होना पड़े तो वे ठण्डी हो जाती हैं तथा उनकी नमी सघनित होकर वर्षा एव शीत (snow) के रूप में गिर सकती है। अतः व्यापारिक पवनों के प्रदेशों में उच्च पर्वतों के पवनाभिमुख पार्श्वों (windward sides) पर भारी वर्षा होनी चाहिए। उष्ण-कटिबन्धीय अक्षांशों में एण्डीज पर्वतों के पूर्वी भाग पर भारी वर्षा होती है (चित्र ५३३)। इसका दूसरा उदाहरण उच्च हवाई द्वीप हैं। उनके निचले ढालों पर व्यापारिक पवनों में वर्षा नहीं होती है, किन्तु जब पवने पर्वतों के ऊपर चढ़ने को बाध्य होती हैं तब वे ठण्डी ऊँचाइयों पर पर्याप्त नमी प्रदान करती हैं। वनस्पति के स्वरूप में परिवर्तन द्वारा वर्षा का स्तर (level) मरलता में देखा जा सकता है।

किमी पर्वत श्रेणी के ऊपर से होकर निकलने के पश्चात् व्यापारिक पवनों की वायु नीचे उतरती है तो वह दो प्रकार से ओष्ण (warm) हो जाती है—(१) नीचे के ओष्ण (warm) स्थल से सम्पर्क द्वारा, और (२) सम्पीडन (compression) द्वारा। अतः यह नमी का शोषण करती है। इस दशा में व्यापारिक पवनों के प्रदेशों में पर्वतों के प्रतिवात (leeward) पार्श्वों पर न्यून अवक्षेपण के

प्रदश होने चाहिए। एण्डीज पर्वत का पश्चिमी ढाल इसका उदाहरण है (चित्र ५३३)। व्यापारिक पवना के प्रदश में किमी महाद्वीप के पूर्वी भाग में एक उच्च पर्वत श्रेणी की उपस्थिति उसके पश्चिमी क्षेत्र का शुष्क बना देने में सफल होगी।

भूमध्यरेखीय प्रशांत मण्डल (equatorial calms) अथवा विषुव प्रशांत मण्डल (doldrums) के प्रदेश में तापमान ऊँचा रहता है, और वायु प्रतिदिन मूस द्वारा गरम होकर फैलती है तथा व्यापारिक पवनों के प्रदेशों से भीतर की ओर आन वाली शीतल वायु द्वारा ऊपर की ओर संकुचित (crowded—एकत्रित) कर दी

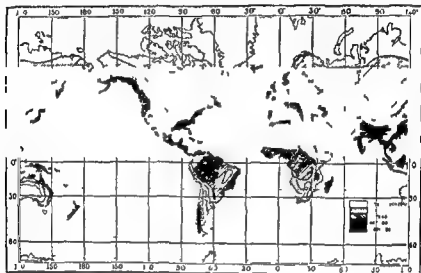


Fig 533

Map showing the precipitation for the world

जानी है। जब यह वायु ऊपर उठती है तो वायु फैलती है और ठण्डी होन लगनी है तथा किसी सीमा तक अपनी कुछ नमी को त्याग सकती है। अतः इस कटिबंध में, दिन में जब ऊपर की चलने वाली धाराएँ पर्याप्त प्रबल होती हैं (दोपहर बाद), कपासी (cumulus) बादलों से नित्य वर्षा हो सकती है। चूंकि विषुव प्रशांत मण्डल (doldrums) तापीय भूमध्यरेखा (thermal equator) के स्थानान्तरण (shifting) के साथ साथ प्रति वर्ष कुछ अंश उत्तर और दक्षिण को बदलता रहता है, अतः भूमध्यरेखा के समीप कोई स्थान जो एक ऋतु में दैनिक वर्षा प्राप्त करता है, वर्ष के दूसरे समय पर उमसे वंचित रह सकता है।

उष्णकटिबंधीय प्रशांत मण्डलों (zone of tropical calms) के प्रदेश में उठन के स्थान पर वायु नीचे को उतरती है, और उससे वर्षा नहीं होती है। भूमध्य रेखीय प्रशांत मण्डल (equatorial calms) की भांति, वाह्य कटिबंधीय प्रशांत मण्डल (extra tropical calms) भी सूर्य के साथ साथ थोड़ा उत्तर एवं दक्षिण को बदलते रहते हैं। सामान्यतः ये भूमण्डल के शुष्कतम अक्षांश हैं, और महारा, अरब, आस्ट्रेलिया और दक्षिणी अमेरिका के दक्षिणी भाग को पार करते हैं।

प्रचलित पछुवा पवनों के प्रदेशों में वर्षा (Rainfall in the zones of prevailing westerlies)—व्यापारिक पवनों के प्रदेशों में जो सिद्धान्त लागू होते हैं वे ही पछुवा पवनों के प्रदेशों में भी लागू होते हैं। सामान्यतः ये पवनें निचले अक्षांशों में ऊँचे अक्षांशों की ओर बहती हैं और इस कारण वे क्रमशः शीतल होती जाती हैं। अतः वे समुद्र-तल पर अथवा निचली भूमि पर, और विजेषतः जाड़े की ऋतु में स्थल पर भी, अपनी कुछ नमी का त्याग कर सकती हैं। ग्रीष्म काल में स्थल की गरमी मघनन एवं अवक्षेपण को तब तक रोकती है जब तक कि वायु ध्रुवों की ओर पर्याप्त दूरी तक न पहुँच जाए। जब ऐसी पवनें पर्वतों को पार करती हैं तो वे उनके पवनान्निमुख ढालों और शिखरों पर अपनी नमी त्याग देती हैं, और उनके प्रतिवात ढालों पर शुष्क हो जाती हैं।

यदि केवल ग्रहीय पवनों (planetary winds) का विचार किया जाए तो पछुवा पवनों के प्रदेशों में किसी महाद्वीप के पश्चिमी भागों पर स्थित उच्च पर्वत-माला अपने से पूर्व में स्थित समस्त निचली भूमि को शुष्क बना देगी। इन सिद्धान्तों को यदि हम संयुक्त राज्य की वर्षा के अध्ययन में, जहाँ तक कि वह ग्रहीय पवनों पर निर्भर करता है, लागू करें तो हमें वर्षा के वितरण को समझने में सहायता मिलेगी।

संयुक्त राज्य की प्रचलित पवनें लगभग समस्त देश के लिए दक्षिण-पश्चिम में आती हैं। जाड़े की ऋतु में प्रशान्त महासागर से स्थल की ओर आती हुई ये पवनें शीतल स्थल पर पहुँचती हैं और निम्न स्तरों पर भी अपनी नमी को त्याग देती हैं। इससे कैलीफोर्निया के निचले स्थलों को वर्षा की ऋतु प्राप्त होती है। तट से पीछे हटकर उच्च पर्वतों के ऊपर जब पवनें बहती हैं तो वे और भी अधिक नमी का त्याग करती हैं जिससे प्रथम उच्च श्रेणी के शिखर के पश्चिम का समस्त क्षेत्र जाड़ों में वर्षा और शीन (snow) की पर्याप्त मात्रा प्राप्त करता है। जब ये पवनें सियराज एवं कासकेड पर्वतों को पार करती हैं तो वायु नीचे उतरती है और ओष्ण (warm) हो जाती है, और इसीलिए शुष्क होती है। इन पर्वतों के पूर्व की ओर पूर्वी औरेगान और वाशिंगटन प्रदेशों की अर्द्ध-शुष्क भूमि, तथा ग्रेट साल्ट लेक के साथ ग्रेटवेसिन स्थित है।

जब ये पवनें रौकी पर्वतों के उच्च भागों में पहुँचती हैं, जो पश्चिम के पर्वतों की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं, तो वे पुनः कुछ नमी को त्याग देती हैं। किन्तु रौकी पर्वतों से आगे पूर्व की ओर अटलाण्टिक महासागर तक ये पवनें शुष्क बनी रहती हैं क्योंकि वे किसी अन्य ऊँचे पर्वत को पार नहीं करती हैं, और वे सामान्यतः इतनी पर्याप्त दूरी तक उत्तर की ओर नहीं जाती हैं कि उनका तापमान इतना नीचा हो जाए कि वह उन पर्वतों के तापमान के बराबर हो जाए जिनको पार करके वे आयी हैं। पर्वतों के पूर्व की ओर कुछ दूरी तक वर्षा बहुत कम होती है, किन्तु मध्य कसान और नेब्रास्का के पूर्व की भूमि को पर्याप्त आर्द्रता प्राप्त हो जाती है। गालवेस्टन से क्लीवलैण्ड तक खींची जाने वाली किसी रेखा के दक्षिण-पूर्व की भूमि खाड़ी से आने वाली दक्षिण-पश्चिमी पवनो द्वारा कुछ आर्द्रता प्राप्त

कर सकती है, किन्तु इस रखा से पश्चिम दूर तक प्रचुर बपा होती है। अतः यह स्पष्ट है कि पछुवा पवना के अतिग्विन अथवा कोई कारक अवक्षेपण में कार्य करता है। यह कारक अनियतकालिक चक्रवातीय पवने (aperiodic cyclonic winds) हैं, जिनका वर्णन अगले अध्याय में किया जाएगा। दक्ष के ऊपर पश्चिम से पूर्व की ओर हवा चक्रवात माला से आरंभ वायु की उत्तर की ओर बहने के लिए कार्य करने है और इस प्रकार उसको ऊँचे और ठण्डे अधाशा में पहुँचाने है। अधाशा का यह परिवर्तन तथा चक्रवात में वायु के ऊपर उठने के कारण उसका शीतल होना उस अवक्षेपण के कारण है जो मध्य रात्रि के मध्य और पूर्वी भाग का उस शुष्कता में उचाता है जो रौकी पवना के समीप की पूर्वी पट्टी को प्रभावित करती है।

प्रशान्त महासागर से महाद्वीप की ओर ग्रीष्म काल में जो पवने चलती हैं उनका बपा पर भिन्न प्रभाव पड़ता है, यद्यपि यहाँ जो सिद्धान्त काम करते हैं वे एक ही हैं। बपा के इस अवसर पर महासागर से मध्य एवं दक्षिणी कैलीफोर्निया की नीची भूमि की ओर बहने वाली पवनो को स्थल के ऊपर अपनी अपक्षा अधिक ऊँचा तापमान मिलता है। अतः ये पवने शुष्क होती हैं और कैलीफोर्निया के अधिक भाग का बहा की शुष्क एवं ग्रीष्म ऋतु प्रदान करती है। भीतर की ओर बहने पर इन पवना को पवत मिलते हैं जो इनके ऊँचे हैं कि तापमान घटने एवं अवक्षेपण के लिए पर्याप्त नीचा रहता है।

अधिक उत्तर की ओर स्थिति कुछ भिन्न प्रकार की है। उदाहरण के लिए वाशिंगटन में तट के समीप जालियाम्पिक पवत ग्रीष्म काल में भी अवक्षेपण लाते हैं कि पर्याप्त ऊँचे हैं। अलास्का में, जहाँ कुछ पवत मई के हिम से ठके रहते हैं, ग्रीष्म में भारी अवक्षेपण होता है और अधिक ऊँचाई पर अवक्षेपण बपा के रूप में न होकर शीत के रूप में होता है।

मानसून की वर्षा (Monsoon rains).—इसी प्रकार जब मानसून पवन आण (warm) प्रदेशों में शीतल प्रदेशों की ओर बहती हैं तब अपनी आर्द्रता का त्याग करती हैं। सामान्यतः वे ओष्ण प्रदेशों की ओर बहती हैं, अतः उन्हें शुष्क पवने माना चाहिए, किन्तु एक बार आरम्भ हो जाने पर उन्हें कभी-कभी उच्च पवना के ऊपर चढ़ने की बाध्यता पड़ता है फलस्वरूप अवक्षेपण होता है। हिमालय पवन के दक्षिणी ढाल पर अधिकतम जितनी वर्षा मानसून पवना के कारण होती है। मानसून की असफलता के कारण भारत में अनेक अकाल पड़ चुके हैं। सन् १८७६-१८७८ के अकाल ने प्रत्यक्ष रूप में ५,८०,००,००० व्यक्तिों का प्रभावित किया था और अनुमान किया गया है कि उसमें ५०,००,००० जीवनों की हानि हुई थी। वर्षा की मात्रा में अधिक कमी और उसके हानि में विलम्ब के कारण भी यदि अकाल नहीं तो अभाव और कष्ट तो ही हो जाते हैं। जैसा कि ग्रहीय पवना के साथ होता है, वैसे ही मानसून पवनो से भारी अवक्षेपण पड़ता है पवनाभिमुखी पार्श्वों पर होता है।

स्थल और सागर (अथवा झील) समीरे (दैनिक) कदाचित् ही अधिक वर्षा करती है, यद्यपि उनमें से कुछ कुहरा उत्पन्न करती है जबकि वे ओष्ण (warm) जल में शीतल स्थल की ओर बहती है। इस प्रकार के कुहरे जब-तब देखे जा सकते हैं, जैसे कि पतझड़ के अन्त में अथवा शिशिर के आरम्भ में शिकागो के ऊपर। वे यदाकदा स्थल के ऊपर एक ऐसी दीवार के समान आगे बढ़ते हैं जिसकी ऊँचाई कुछ मीटर में लेकर कई विंशक (scores) मीटरों तक हो सकती है।

घाटी की समीरें भी कभी-कभी भारी वर्षा करती हैं। इसे पहले ही समझाया जा चुका है।

मौसम के मानचित्र, तूफान (WEATHER MAPS STORMS)

दाब (दाबाव) के अनियतकालीन परिवर्तन (Aperiodic Changes of Pressure)

चित्र ५३४ समुक्त राज्य का एक मौसमी मानचित्र है जो (१) वायुमण्डलीय दाब के वितरण, (२) देश के भिन्न भागों में पवन की दिशाएँ, (३) समस्त स्थानों पर मेघ वर्षा, हिमपात इत्यादि के सम्बन्ध में वायु की दशा, और (४) तापमान को प्रकट करता है।

(१) समदाब रेखाएँ (Isobars)—मानचित्र की पूरी रेखाएँ समदाब रेखाएँ हैं। मानचित्र हडसन नदी की घाटी के आसपास केन्द्रित क्षेत्र में ३०.६+ इंचों में तैरकर उत्तरी डाकोटा में केन्द्रित क्षेत्र में २६.५—इंचों का दाब के सीमान्तर (range) को प्रकट करता है। देश के पूर्वी अर्ध भाग में दाब ऊँचा है (३० इंच में अधिक) और पश्चिमी भीतरी भाग में नीचा (३० इंच से कम), और प्रशान्त महासागर के समीप के एक क्षेत्र में ऊँचा, किन्तु बहुत ऊँचा नहीं है।

समुक्त राज्य के पूर्वी भाग में ३०.६ की समदाब रेखा एक बन्द रेखा है। इसके दोनों ओर ३०.५ की समदाब रेखा है। चूँकि किसी भी ओर स ३०.६ की समदाब रेखा के निकट पहुँचने पर दाब ऊँचा उठना है, अतः यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि इस समदाब रेखा के पार कर लेने पर भी दाब का ऊँचा उठना जारी रहेगा। अब इसके भीतर के क्षेत्र के विषय में अनुमान किया जाता है कि उसका दाब ३०.६ इंच से अधिक होगा, किन्तु इतना अधिक नहीं कि वह ३०.७ इंच हो नहीं तो दूसरी समदाब रेखा दिखायी गयी होती।

इसी प्रकार, ३०.६ और ३०.५ की समदाब रेखाओं के बीच के सभी स्थानों के दाब इन दो मर्यादों द्वारा दिखाय गये (indicated) दाबों के बीच के दाब होंगे। पहली समदाब रेखा के निकट दाब ऊँचा है और दूसरी रेखा के निकट कम दाब है।

इस उच्च दाब के क्षेत्र का मध्य 'उच्च' (high) लिखा है। मौसम मानचित्र पर 'उच्च' का अर्थ यह होता है कि कोई क्षेत्र जहाँ पर दाब उसके पाम-पटोम के क्षेत्र की अपेक्षा स्पष्ट रूप से ऊँचा है, और माव्यारणत ३० इंच से अधिक, और यह

मध्य इस प्रकार के किसी क्षेत्र के केंद्र में लिख दिया जाता है। किसी 'उच्च' के चारों ओर वायु की गतियाँ प्रसिक्कवान (anticyclone) होती हैं।

इस 'उच्च' के पश्चिम की ओर दाब क्रमशः उत्तरी डाकोटा तक कम होता जाता है। जहाँ पर निम्न दबाव का केंद्र होता है वहाँ 'नीचा' (low) लिखा जाता है। 'नीचा' का अर्थ उस क्षेत्र से होता है जहाँ पर दबाव उसके पाम-पडोस की अपेक्षा कम होता है, और सामान्यतः ३० इंच से कम होता है। मानचित्र पर यह शब्द वहाँ अंकित है जहाँ दाब न्यूनतम है। किसी 'नीचा' या निम्न के चारों ओर वायु की गतियाँ चक्रवान (cyclone) को संवर्तित करती हैं। मध्य अक्षांशों में 'चक्रवान' तूफान का सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण प्रकार होता है।

उत्तरी डाकोटा में 'निम्न' के चारों ओर २६.५ की समदाब रेखा एक बन्द रेखा है। चूंकि इस रेखा के निकट तक पहुँचने-पहुँचने दाब कम होता जा रहा है, अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि समदाब रेखा के भीतर सभी स्थानों पर

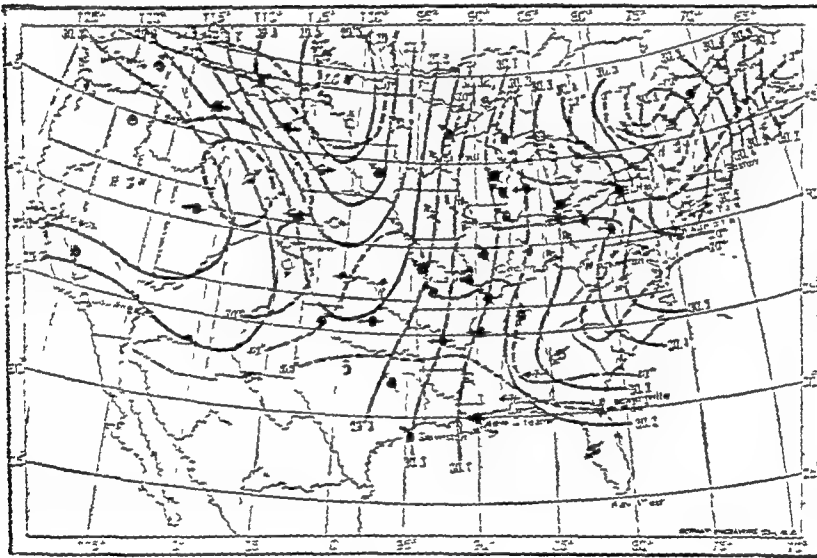


Fig. 534

Weather map of the United States for January 12, 1899. The full lines are isobars, the dotted lines isotherms. (U. S. Weather Bureau)

दाब २६.५ की अपेक्षा कम है, यद्यपि कहीं भी इतना नीचा नहीं कि २६.४ हो जाए। २६.५ और २६.६ की समदाब रेखाओं के बीच के सभी स्थानों पर दाब इन संख्याओं के बीच में ही होगा। 'निम्न' के पश्चिम में दबाव बढ़ता है। प्रशांत तट के समीप 'उच्च' में दाब उतना अधिक नहीं है जितना कि हडसन की खाड़ी के ऊपर है।

मौसम के अधिकांश मानचित्र 'निम्न' एवं 'उच्च' दोनों अथवा प्रत्येक का कम से कम एक दिखाने हैं। इसका अर्थ है कि सामान्यतः संयुक्त राज्य के भीतर एक

साथ ही उच्च दाब का कम से कम एक क्षेत्र (प्रतिचक्रवात—anticyclone) और निम्न दाब का एक (चक्रवात—cyclone) रहता है। जतएव देश के विभिन्न भागों में वायुमण्डलीय दाब साधारणतः असमान रहते हैं।

मौसम के मानचित्र मौसम के कार्यालय (Weather Bureau) द्वारा बनाए जाते हैं जो राष्ट्रीय कृषि विभाग की एक शाखा है। वे देश के अनेक केन्द्रीय कार्यालयों द्वारा तैयार किये जाते हैं। इन कार्यालयों का वायु के दाब और तापमान, पवन की दिशा और बल, बादलों (cloudiness—मेघता) और अवक्षेपण से सम्बन्धित नम्य, सरकार द्वारा स्थापित एक प्रबलित अनेक स्थानों अथवा 'स्टेशनो' (केन्द्रों) में प्रतिदिन तार द्वारा भेजे जाते हैं।

(२) पवन (Wind)—जहाँ कहीं वायुदाब असमान होते हैं वहाँ वायु दाबी तल बिषम (uneven) रहते हैं। वे तल चक्रवातो में दबे हुए (depressed) और प्रतिचक्रवातों में उभरे हुए (elevated) रहते हैं। इसके परिणामस्वरूप प्रति चक्रवातों से चक्रवातों की ओर पवनें चलनी चाहिए। मानचित्र में दी हुई तिथि पर (चित्र ५३४) क्रमशः पूर्व और पश्चिम में स्थित 'उच्च' में पवन अवश्य ही बाहर की बहती रही होगी, और उस दिन जबकि दबाव इस प्रकार के थे जैसे कि मानचित्र पर अंकित है, पवनें उत्तर-पश्चिम में 'निम्न' की ओर की चली होगी। मानचित्र पर अंकित तीर पवनों की दिशा को प्रकट कर रहे हैं। पवनें उसी दिशा में चल रही थीं जिस ओर की तीर जा रहे हैं, यह सूचना विभिन्न केन्द्रों से प्राप्त हुई थी।

यह देखा जा सकता है कि न तो पवनें प्रतिचक्रवातीय केन्द्रों से सीधे बाहर की बहती हैं और न चक्रवातीय केन्द्रों की ओर सीधे भीतर की आती हैं। प्रत्येक



A



B

Fig 535

Diagram showing the direction of circulation about lows and highs A northern hemisphere, B southern hemisphere

'उच्च' से वे निम्न-देह सीधे बाहर की प्रारम्भ होती है, किन्तु जैसा कि प्रतिचक्रवात के चारों ओर के अधिकांश तीरों से विदित होता है, वे अपनी दाहिनी ओर मुड़ जाती हैं। इसी प्रकार जो पवनें चक्रवातीय केन्द्रों की ओर की बहती हैं, वे उनकी ओर सीधी नहीं बहती हैं, बल्कि जैसा कि 'निम्न' के चारों ओर के अधिकांश तीरों में प्रकट है, वे कुछ दाहिनी ओर की मुड़ सी जाती हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में यह मोड़ बायीं ओर का होता है। चित्र ५३५ 'उच्च' और 'निम्न' के चारों ओर मैट्रानिक

संचार (theoratic circulation) को दिखाता है। *A* उत्तरी और *B* दक्षिणी गोलार्द्ध के प्रतीक हैं।

यह व्यान देने की बात है कि पश्चिमी उच्च (चित्र ५३४) में दो तीर उच्च दबाव क्षेत्र के केन्द्र की ओर को है। वे सम्भवतः यह प्रकट करते हैं कि प्रतिचक्रवात के सामान्य क्षेत्र के भीतर कम दाब के महायक (subordinate) केन्द्र थे, और अन्य पवने उनकी ओर वही (चली) थी। यदि वास्तविकता यही है तो सहायक निम्न (subordinate lows) इतने दुर्बल थे कि वे उन समदाव रेखाओं द्वारा नहीं दिखाये जा सकते थे, जो ०.१ इंच के अन्तरों को प्रदर्शित करती हैं।

मानचित्र से विभिन्न स्थानों पर पवनो की शक्ति के विषय में कुछ निष्कर्ष निकाला जा सकता है। चित्र ५३४ में, पूर्व में 'उच्च' के केन्द्र से मिशीगन झील की दूरी लगभग ८०० मील (१०८० किलोमीटर) है और दाब का अन्तर लगभग ०.५ इंच है। अतः प्रवणता (gradient) लगभग १ है। अंग्रेजी प्रणाली (English system) में जिसमें १६० मील में इंच का $\frac{1}{8}$ होता है, इसका अर्थ यह है कि प्रति घण्टा लगभग २० किलोमीटर (१२ मील) का पवन का वेग—मलयाणिल (fresh breeze)—इन स्थानों के बीच में है। मिशीगन के उत्तरी डाकोटा को वहने वाली पवन का वेग लगभग वही है। टेक्सास से उत्तरी डाकोटा को जाने वाली पवन का वेग बहुत कम है। सामान्यतः जहाँ समदाव रेखाएँ एकत्रित (crowded—सकुलित) रहती हैं, वहाँ प्रवणता (gradient) उच्च होती है और पवने प्रबल रहती हैं। जहाँ वे दूर-दूर बिखरी रहती हैं, वहाँ प्रवणता निम्न होती है और वायु का प्रवाह हलका रहता है। कुछ चक्रवातीय तूफानों में पवने प्रति घण्टा ४० से ६० मील (६४ से ९६ किलोमीटर) तक का वेग धारण कर लेती हैं; किन्तु औसत बहुत कम रहता है, और चक्रवातीय पवन में (प्रभजन पवन नहीं—*not tornadic*) जो इतनी प्रबल हो कि विनाशकारी बन जाएँ, ऐसा शायद ही कभी होता है।

किसी चक्रवात के आसपास वायु का संचार ऊर्ध्वाधर एवं क्षैतिज दोनों ही होता है : वायु की धाराएँ एक साथ ही तूफान (storm) के केन्द्र की ओर भीतर को और साँप की सी टेढ़ी-मेढ़ी गति (spirally) से ऊपर को बढ़ती हैं। यह ऊर्ध्वगति अवक्षेपण के ऊपर अपना महत्त्वपूर्ण प्रभाव डालती है। चक्रवात में वायु की गति के ऊर्ध्व और बाह्य मार्ग को चित्र ५३६ में दिखाया गया है जो किसी चक्रवात के ऊर्ध्वाधर काट (vertical section) को उपस्थित करता है, और यह प्रकट करता है कि ऊपर का बाह्य-प्रवाह प्रधानतया पूर्व की ओर उसी दिशा में है जिधर को प्रचलित पवने बढ़ती हैं।

(३) मेघता (वदली), अवक्षेपण आदि (Cloudiness, precipitation, etc.)—मौसम के मानचित्रों पर किसी तीर के फलक पर खुला वृत्त स्वच्छ आकाश सूचित करता है; अर्द्ध-काला वृत्त (half-blackened circle) प्रकट करता है कि आकाश कुछ भाग में मेघों से युक्त है; जबकि काला वृत्त (black circle) (Texas, Wyoming, आदि में) सामान्य वदली को सूचित करता है। जहाँ तीर पर *R*

दिखाई पड़ता है, उसका अर्थ है कि बर्षा हो रही है। उदाहरण के लिए, इओवा (Iowa) एवं अलाबामा (Alabama) में। जहाँ उमी स्थिति में S दिखाई पड़ता है, उससे यह विदित होता है कि हिमपात हो रहा है, जैसे कि उत्तर-पश्चिमी मिनीसोटा, वर्जीनिया और मेरीलैण्ड में।

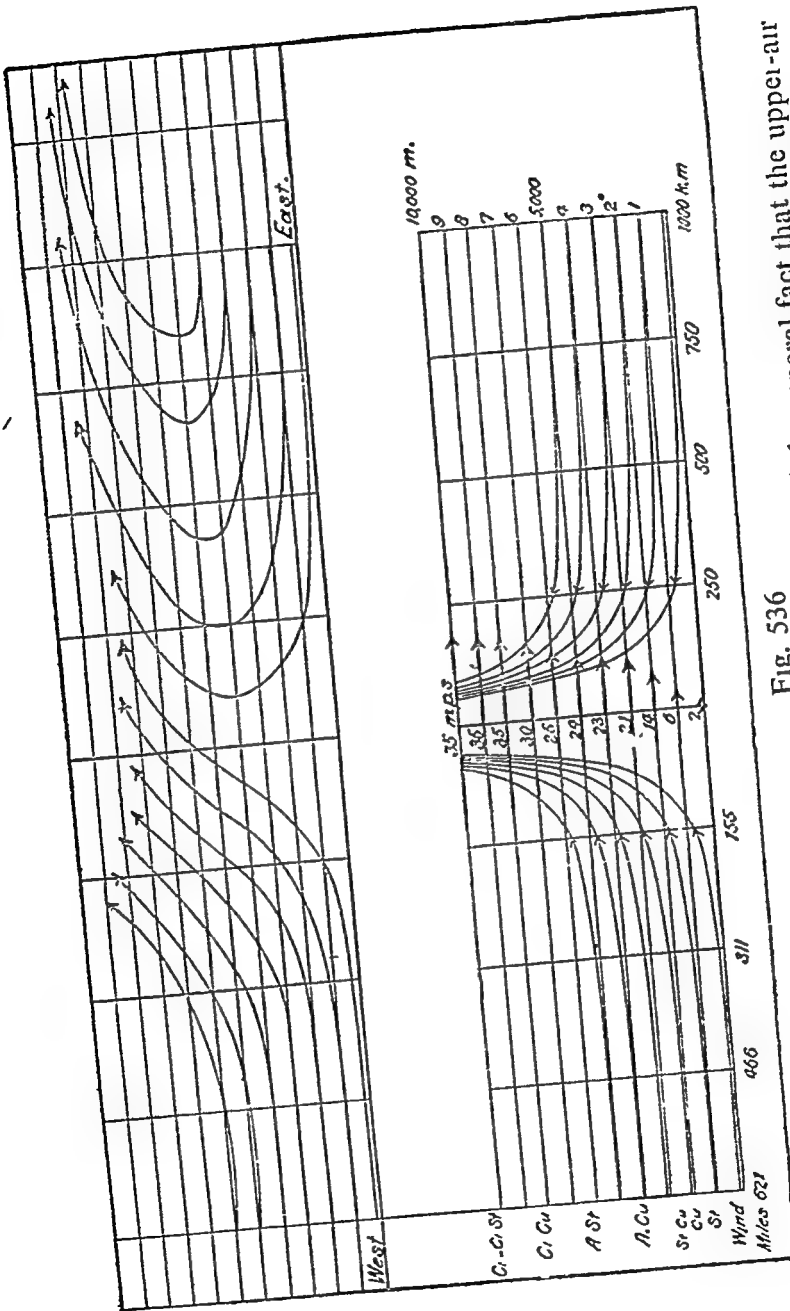
मौसम का यह मानचित्र सूचित करना है कि यूनाधिक (more or less) अवशेषण इस चक्रवात के साथ है, और बर्फ एक मौसमी मानचित्रों के परीक्षण में ज्ञात होगा कि अनेक चक्रवात शीत अथवा बर्फ से युक्त रहते हैं। अवशेषण बर्फ अथवा शीत का स्वरूप ग्रहण करता है, यह बात तापमान पर निर्भर है।

(४) तापमान (Temperature)—मौसम के मानचित्र की टूटी हुई रेखाएँ समताप रेखाएँ हैं। ५०° फा० की समताप रेखा (चित्र ५३४) खाड़ी के राज्या (Gulf States) को पार करती है। इसके दक्षिण में तापमान ५०° से ऊपर है, किंतु इस मानचित्र के क्षेत्र के भीतर वह इतना ऊँचा नहीं है कि ६०° तक पहुँच जाए। ४०° की समताप रेखा अधिक अनियमित है। यह ज्योजिया में यू मैक्सिका तक विस्तृत है, किंतु इन स्थानों के बीच में यह नेब्रास्का (Nebraska) के भीतर उत्तर को मुड़ जाती है। इस समताप रेखा और ५०° की समताप रेखा के बीच समान स्थान ४०° और ५०° के बीच के तापमान रखते हैं।

३०° की समताप रेखा और भी अधिक अनियमित है। ड्यूबुक (Dubuque), जा (Ia), चिकागो (Chicago), क्लीवलैण्ड (Cleveland), चारलोट (Charlotte), N C, और नौरफोल्क (Norfolk), वा (Va), लगभग समान तापमान रखते हैं। ३०° की एक समताप रेखा इडाहो (Idaho) से यू मैक्सिका तक भी एक ठंडे मेढरे मार्ग पर विस्तृत है जबकि ३०° की एक तीसरी समताप रेखा 'निम्न' के चारों ओर दिखाई देती है। अतः ३०° की दो समताप रेखाएँ मानचित्र पर एक-दूसरे के बाद हैं—एक पूर्व के क्षेत्र में और दूसरी 'निम्न' के दक्षिण पश्चिम के क्षेत्र में।

इन समताप रेखाओं के बीच तापमान की व्याख्या निम्न प्रकार से करनी चाहिए—मान लो जब पूर्व (यूयाक) से 'निम्न' के समीप पहुँचते हैं तो तापमान ऊँचा उठता है। सुपीरियर झील के मध्य में तापमान २०°, और इन्धुथ पर ३०° है। पश्चिम की ओर दूसरी समताप रेखा ६०° न होकर ३०° है, और उससे आगे भी पश्चिम की ओर दूसरी २०° है। समताप रेखाओं की यह व्यवस्था प्रकट करती है कि डलुथ के मध्य से गुजरने वाली ३०° की समताप रेखा के पश्चिम में तापमान ३०° से ओष्णतर (warmer) है, किंतु इतना ओष्ण नहीं कि ४०° हो, जबकि आगे भी पश्चिम की ओर तापमान पुनः शीतल हो जाता है और उत्तरी डाकोटा के पूर्वी भाग में ३०° तक पहुँच जाता है।

समताप रेखाएँ सामान्यतः दो स्पष्ट विशेषताएँ प्रकट करती हैं—(१) अक्षांश रेखाओं के साथ उनका कोई सम्बन्ध नहीं रहता है, क्योंकि एक ही अक्षांश में स्थानों के तापमान अति भिन्न होते हैं, और अक्षांश के विचार में एक दूसरे से अति दूर



के स्थान एक ही तापमान रखते हैं, और (२) जहाँ समदाब रेखाएँ निम्न दबाव प्रकट करती हैं, वहाँ समताप रेखाएँ ध्रुवों की ओर, और जहाँ दाब उच्च होता है, वहाँ पर वे भूमि यरेखा की ओर उन की प्रवृत्ति (disposition) प्रकट करती हैं। अधिकांश मौसमी मानचित्र जो आगे आयेगे, समदाब रेखाओं और समताप रेखाओं के बीच इसी प्रकार का सम्बन्ध दिखाते हैं।

तापमान, दाब, पवन, वदनी, वर्षा इत्यादि मौसम के अंग हैं। नीचे मानचित्र पर ये सभी बातें लिखायी गयी हैं। अतः उसे मौसम का मानचित्र जथवा मौसमी मानचित्र (weather map) कहना ठीक ही है।

कभी कभी 'निम्न' और 'उच्च' चित्र ५३४ में जिस प्रकार से दिखाय गये हैं, उसकी अपेक्षा अत्यन्त अधिक स्पष्ट होने हैं। चित्र ५३७ में 'निम्न' अधिक स्पष्ट है, दाब का सीमांतर (range) केन्द्र में २६.० से लेकर पूर्व में ३०.१ तक और पश्चिम में ३०.५ तक है। दाब का इतना बड़ा सीमांतर जैसा इस मानचित्र में दिखाया गया है, सामान्य घटना नहीं है। इस चित्र में पहले चित्र की अपेक्षा समदाब रेखाएँ अधिक पास पास हैं, अतः वे अग्रिम प्रत्यक्ष पवन को प्रकट करती हैं। विभिन्न स्थानों पर पवन का लगभग वेग (approximate velocity) मानचित्र से निकाला जा सकता है। 'निम्न' के चारों ओर पवना की दिशा वही है जो चित्र ५३४ में दिखायी



Fig 537

Weather map for January 16 1901 (U S Weather Bureau)

गयी है। 'निम्न' के दक्षिण-पूर्वी भाग में मघों से युक्त आवाण की प्रशानता है और कुछ स्थानों पर हिमपात हो रहा है (मौष्ट्रियाल डलुय)। मानचित्र तापमान के महान सीमांतर (range) को भी उन क्षेत्रों में दिखाता है जो एक दूसरे से बहुत दूर नहीं हैं। जैसे, सौल्ट स्टे. मेरी (Sault Ste Marie) पर ३०° फा० का

तापमान है, और केवल कुछ ही दूर उत्तर में विनीपेग पर -10° का तापमान है, जबकि मॉण्ट्रियल का तापमान सान्ता फे (Santa Fe) से ऊँचा है जैसा कि

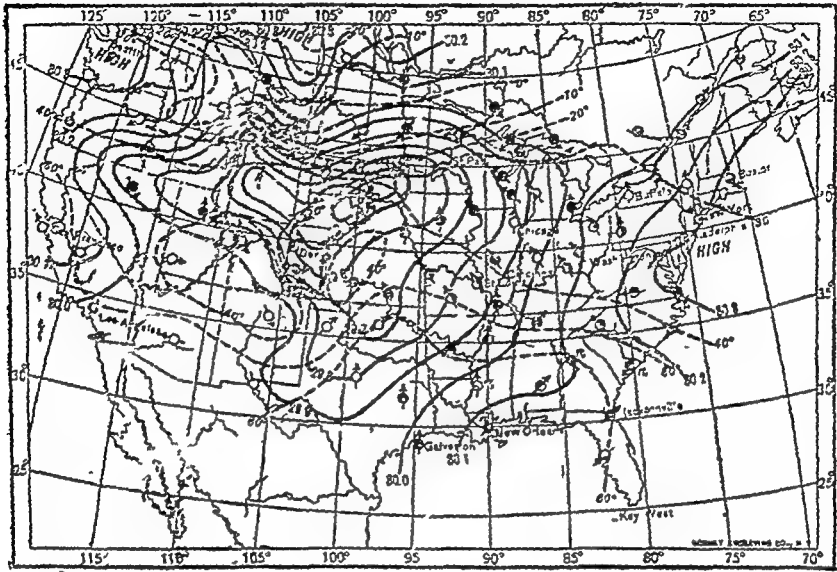


Fig. 538

Weather map showing a large asymmetrical low, March 2, 1904
(U. S. Weather Bureau)

पूर्ववर्ती उदाहरण में था कि उच्च दाब होने पर तापमान निम्न होता है और निम्न दाब के साथ ऊँचा तापमान रहता है।

चित्र ५३८ एक विशाल और कम मुंडील (less symmetrical) 'निम्न' प्रकट करता है। पवने इमकी ओर की चलती हैं किन्तु इसके केन्द्र के दाहिनी ओर की मुड़ जाती हैं। चक्रवात के चारों ओर एक विशाल क्षेत्र के ऊपर वादलों की प्रधानता है, और कुछ स्थानों पर बौन और वर्षा गिर रही है।

इम मानचित्र का 'निम्न' लगभग सम्पूर्ण देश पर छाया हुआ है। पूर्व में ३० इंच की समदाब रेखा से पश्चिम में ३० इंच की समदाब रेखा तक नापने पर चक्रवात लगभग १,८०० मील (२,८८० किलोमीटर) आरपार है। इस 'निम्न' के दक्षिणी पार्श्व पर समताप रेखाएँ उत्तर की ओर मुड़ती हैं। चित्र ५३९ एक लम्बाकार चक्रवात (elongate cyclone) को प्रकट करता है, जिसका एक व्यास बहुत लम्बा है, और चित्र ५४० दूसरे दिन इसके रूपान्तर को प्रकट करता है। चित्र ५३९ की समताप रेखाएँ, केवल उत्तर-पश्चिम के (नेब्रास्का, ब्रूमिंग, मॉण्टाना) जहाँ तापमान दक्षिणी डाकोटा के रैपिड सिटी (Rapid City) के समीप 20° से अलगवर्ती में ब्यू अपैला पर -20° तक गिर जाना है, कोई विचित्रता प्रकट नहीं करती है; एक इतना महान अन्तर जिसका समाधान अक्षांश में अन्तर द्वारा नहीं किया जा सकता। यह देखा जा सकता है कि ब्यू अपैली (Q' Appelle) उस

‘उच्च’ के दक्षिण पूर्व में है जहाँ पर तापमान की कमी स्पष्ट है, जैसा कि दक्षिणी डाकोटा में समताप रेखाओं के सकुलन (crowding) द्वारा दिखाया गया है।

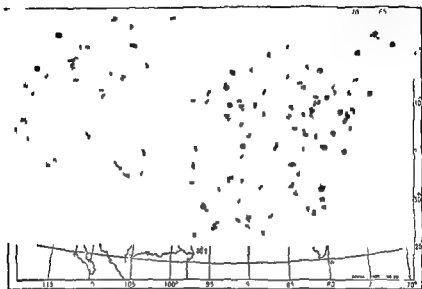


Fig. 539

Weather map showing a large elliptical cyclone January 22, 1906
(U S Weather Bureau)

तापमान का आवेग परिवर्तन एक ऐसे प्रदेश में है जहाँ पवन प्रबल है और उत्तर-पश्चिम से है।

समस्त पूर्ववर्ती चक्रवातों के चारों ओर कुछ अवक्षेपण सूचित किया गया है, जबकि अधिकांश प्रतिचक्रवातों के चारों ओर अवक्षेपण का अभाव है। किसी 'निम्न' के चारों ओर वर्षा एवं हिमपात के लिए मुख्य कारण निम्नलिखित है—भीतर की ओर बहती हुई वायु एक ऊर्ध्वगामी टढ़ी मेंढी धारा (upward spiral current) उत्पन्न करती है, ऊपर उठती हुई वायु फैलती है और शीतल हो जाती है तथा इस कारण अपनी कुछ नमी को त्याग देती है। चक्रवात के दक्षिण-पूर्वी चौथाई भाग (quadrant) में अतिरिक्त अवक्षेपण इस कारण होता है कि चक्रवात में प्रवेश करने वाली वायु ओष्णतर से शीतलतर अक्षांशों में आ रही है। सम्भवतः यही कारण है जिससे किसी चक्रवात के आसपास इस भाग (quadrant) में अवक्षेपण अधिकतम होता है। उत्तरी गोलार्द्ध में दाहिने हाथ की ओर वायु की गति प्रधान अवक्षेपण के केन्द्र को चक्रवात के केन्द्र के दक्षिण के कुछ पूर्व की ओर हटा दिया करती है।

प्रतिचक्रवात में वायु की नीचे उतरती हुई टढ़ी मेंढी गति होती है। नीचे उतरती हुई वायु एक एसी ऊँचाई से आती है जो वायुमण्डल के नितल पर की अपेक्षा अधिक शीतल होती है, और इस कारण वह तापमान को कम कर देती है। चूँकि नीचे उतरते समय वायु दबी हुई (compressed—संपीडित) और तपी हुई

(गर्म) होती है। अतः अफ्रीकाज प्रतिक्रान्तों ने आती हुई पवन सूखी मौसम लाती है। मनु नीचे और बाहर की ओर चलने वाली वायु अपने आसपास की

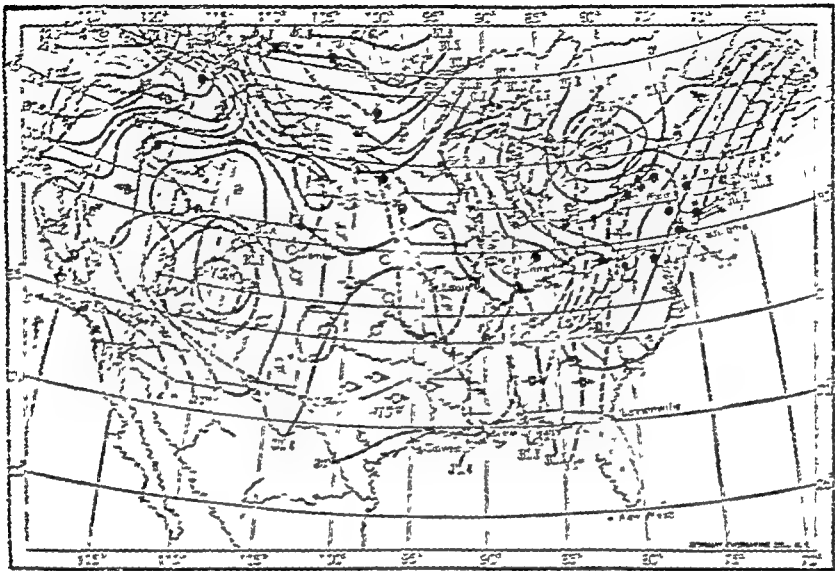


Fig. 540

Weather map for January 23, 1906, showing great changes in the cyclone of the preceding day. (U. S. Weather Bureau)

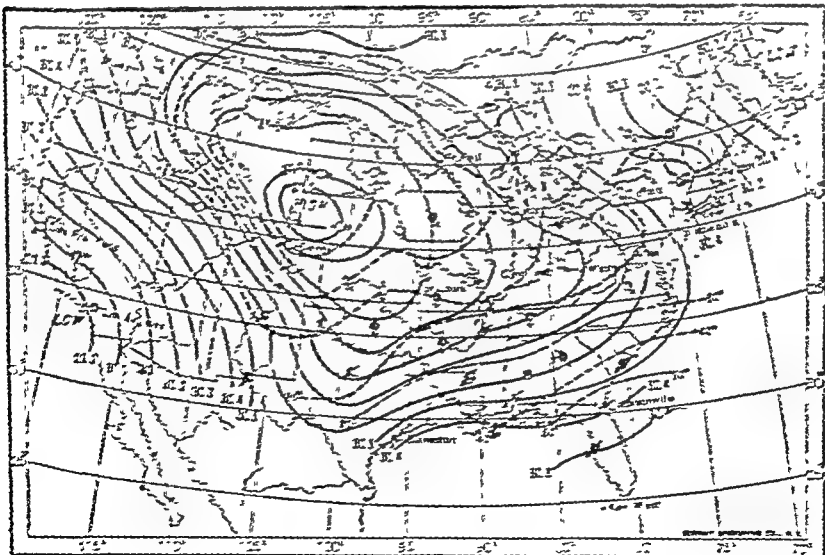


Fig. 541

Weather map for December 9, 1898, showing a high of great area. (U. S. Weather Bureau)

ओष्ण (warm) वायु के साथ इस प्रकार मिल सकनी है कि ओष्ण वायु की कुछ नमी सघनित हो जाए जिससे बादल उत्पन्न हो जाएँ, अथवा ज्वरभरण भी हो सकता है।

कभी-कभी किसी विस्तृत क्षेत्र के 'उच्च' अथवा 'निम्न' भी उत्पन्न होत हैं। चित्र ५४१ एक उच्च अथवा प्रतिचक्रवात प्रकट करता है जो लगभग २,२०० मील (३,५२० किलोमीटर) आरपार है और जिसमें दाद का महान नीमांतर है। इन चाट की समताप रेखाएँ इसकी नमदाव की रेखाओं के साथ अनि निश्चित सम्बन्ध रखती हैं, उच्च दावों के साथ निम्न तापमान स्थित हैं। 'उच्च में डेनवर' (Denver), ३०° और उत्तर में एक निम्न में मेन (Maine) के दक्षिणी भाग की अपना लगभग ३०° अधिक शीतल है।

चक्रवातों एवं प्रतिचक्रवातों की गतियाँ (Movements of cyclones and anticyclones)—उच्च एवं निम्न दिन प्रतिदिन उमो स्थान में नहीं, बल्कि उठते हैं। इस तथ्य को चित्र ५४२-५४५ तक एवं आगे आने वाले अन्य मौसमी चित्रों द्वारा या क्रमिक दिनों के भौममा का प्रकट करने में दिखाया गया है।

चित्र ५४२ में दिखाया गया है—(१) सेंटलारेंस (St Laurence) की खाड़ी

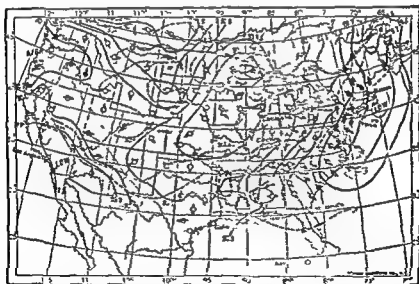


Fig 542

Weather map for September 24 1903 The shading in this and succeeding maps represents precipitation (U S Weather Bureau) के ऊपर एक 'निम्न', (२) ईओवा (Iowa) के ऊपर एक उच्च केन्द्र, (३) ब्रिटिश कोलम्बिया के ऊपर एक 'निम्न', (४) ओ-गान में एक उच्च। जाने वाले दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) दिखाता है कि—(१) सेंटलारेंस की खाड़ी का निम्न पूर्व की ओर को खिसक गया है, (२) सेंटरी नाग का 'उच्च' पश्चिमी बर्जीनिया

(West Virginia) को खिसक गया है, (३) जो 'निम्न' ब्रिटिश कोलम्बिया के ऊपर था वह डाकोटा में चला गया है; जबकि (४) औरेगान तट का 'उच्च' वही पर बना हुआ है जहाँ पर वह था। इसके अगले दिन का मानचित्र (चित्र ५४४) दिखाता है कि—(१) वरजीनिया का 'उच्च' आगे बढ़ गया है, किन्तु उतना नहीं जितना कि इससे पहले वाले दिन बढ़ा था, (२) जो 'निम्न' उत्तरी डाकोटा के ऊपर था वह अब सुपीरियर झील के उत्तर में है; (३) औरेगान का उच्च पूर्व की ओर इडाहो (Idaho) और मोंटाना तक बढ़ गया है, और (४) ओकलेहामा में एक अशक्त 'निम्न' विकसित हो गया है।

दिनांक २७ का मानचित्र (चित्र ५४५) दिखाता है कि—(१) वरजीनिया के ऊपर जो 'उच्च' था वह सम्भवतः पूर्व की ओर विलुप्त हो गया है; (२) सुपीरियर झील के उत्तर में जो 'निम्न' था वह अब ओण्टेरियो झील के उत्तर में है, (३) मोंटाना का 'उच्च' दक्षिण-पूर्व में कसास को खिसक गया है, और (५) दक्षिणी कैलीफोर्निया में एक दूसरा 'निम्न' विकसित हो गया है।

यद्यपि इन मानचित्रों के सभी 'उच्च' एवं 'निम्न' एक सामान्य पूर्वी दिशा में बढ़े हैं, तथापि 'उच्च' शायद ही 'निम्नों' की अपेक्षा पूर्व के अधिक दक्षिण की ओर को बढ़े हैं। इन मानचित्रों द्वारा दिखाये गये 'उच्चों' एवं 'निम्नों' की बढ़ने की दिशा

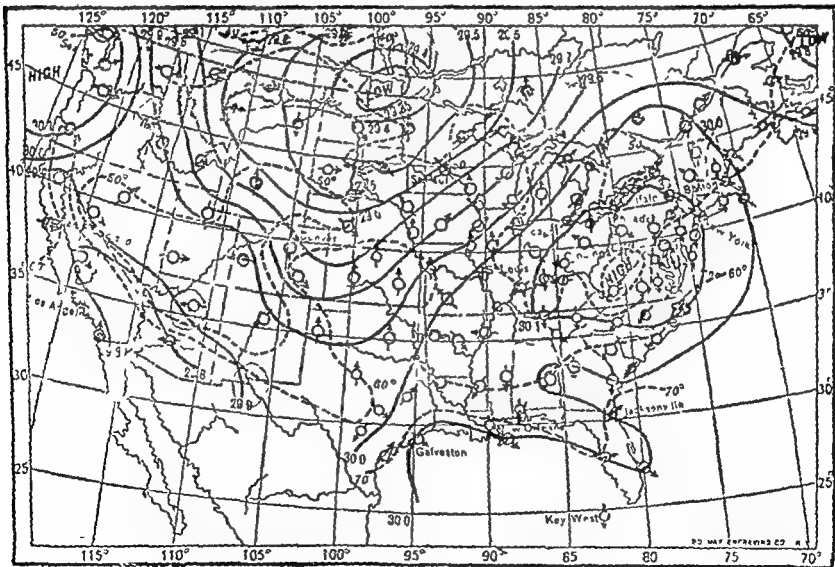


Fig. 543

Weather map for September 25, 1903. (U. S. Weather Bureau)

सामान्य (normal) दिशा है, यद्यपि प्रत्येक चक्रवात और प्रतिचक्रवात सामान्य (normal) से स्पष्ट रूप में अलग-अलग हो जाते हैं। हमारे मध्य अक्षांशों में चक्रवात की औसत दिशा लगभग उत्तर ८०° पूर्व (N. 80° E.) अथवा पूर्व के १०° उत्तर है। प्रतिचक्रवात कुछ अधिक दक्षिणी मार्ग अपनाते हैं।

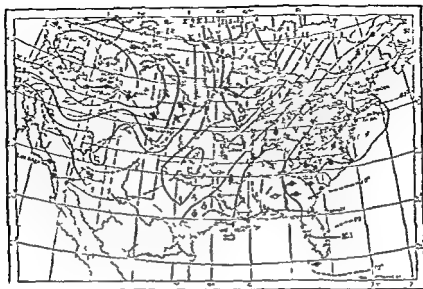


Fig 544

Weather map for September 26 1903 (U S Weather Bureau)

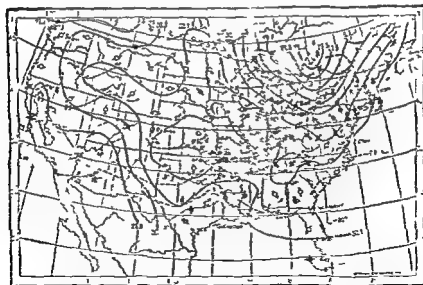


Fig 545

Weather map for September 27 1903 The symbol which appears in central Arkansas and western Tennessee indicates a thunderstorm at or near the point where the symbol occurs during the twelve hours preceding the issue of the weather map (U S Weather Bureau)

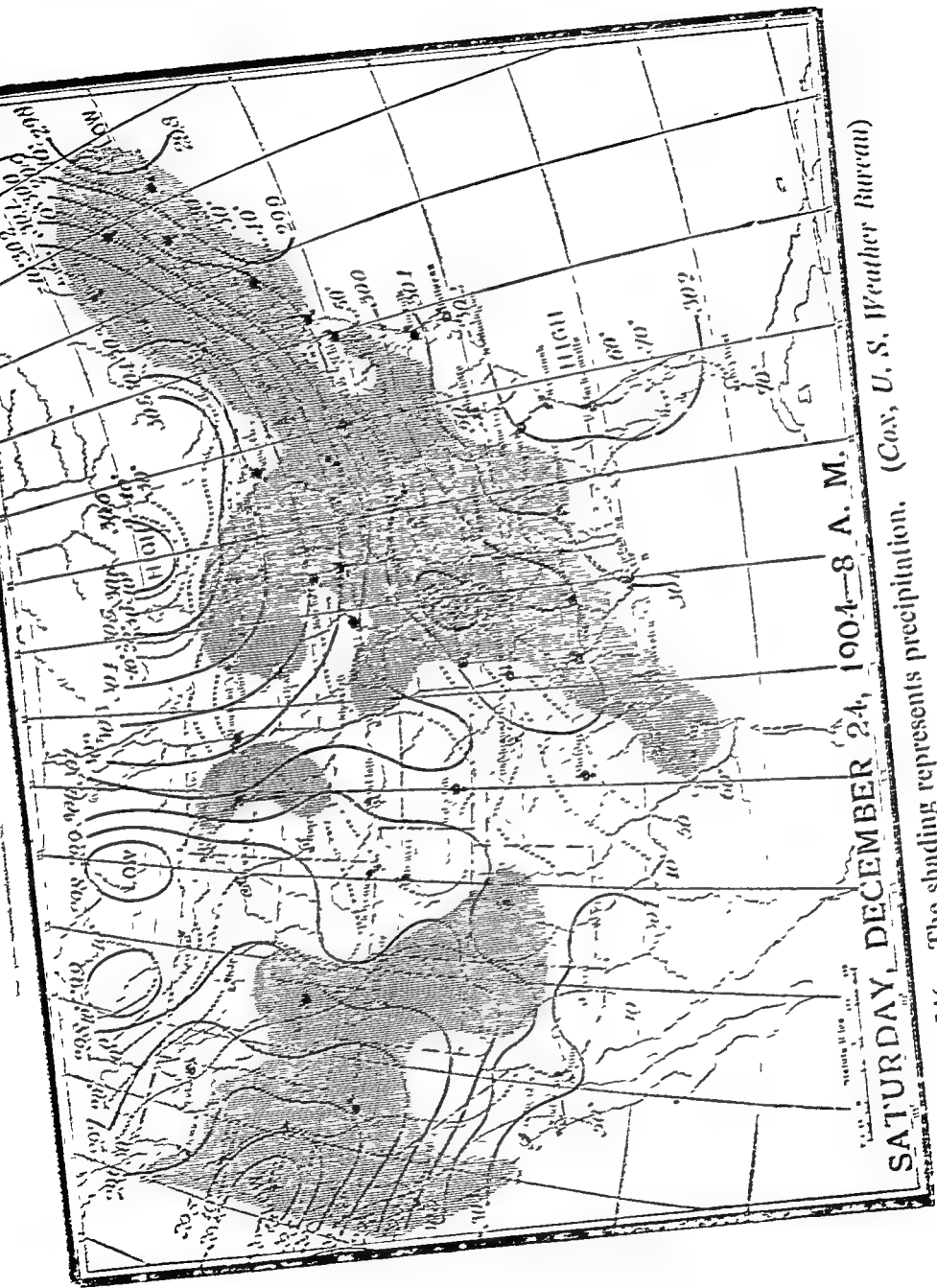
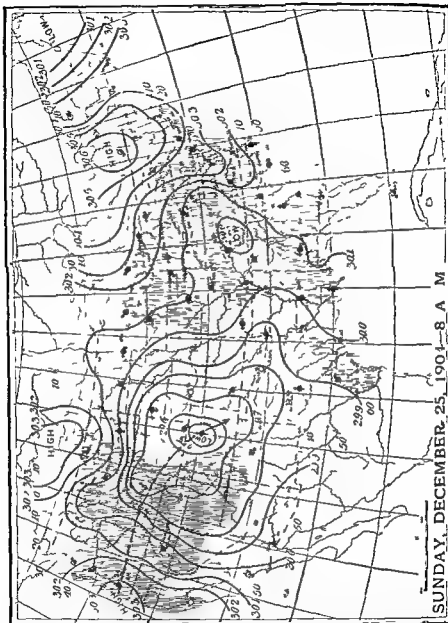


Fig. 546.



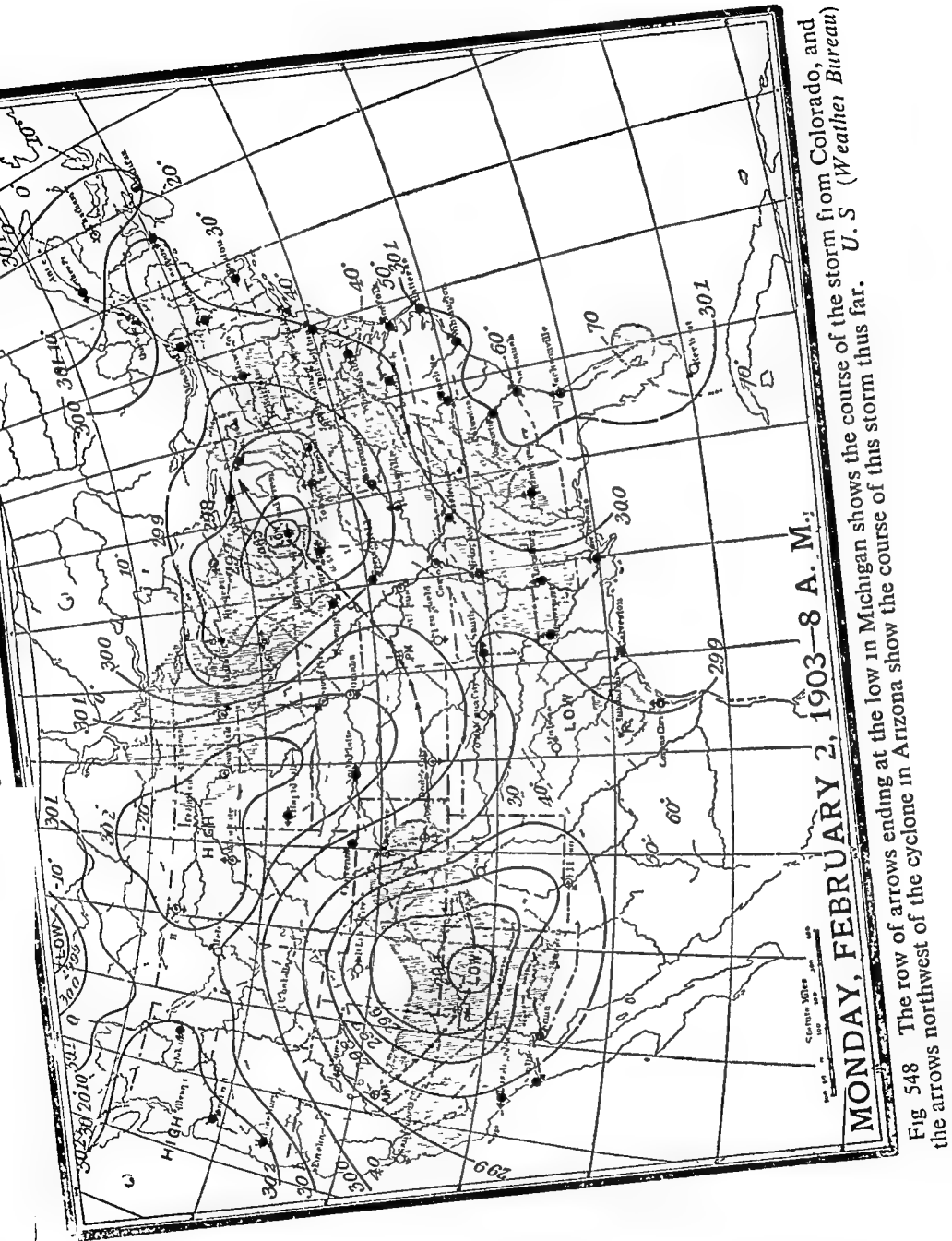


Fig 548 The row of arrows ending at the low in Michigan shows the course of the storm from Colorado, and the arrows northwest of the cyclone in Arizona show the course of this storm thus far. U. S. (Weather Bureau)

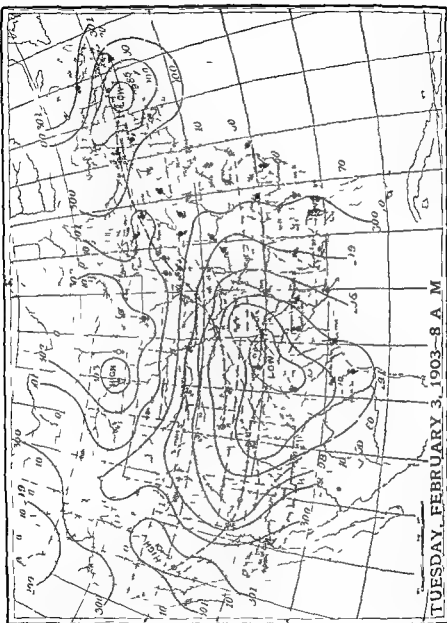
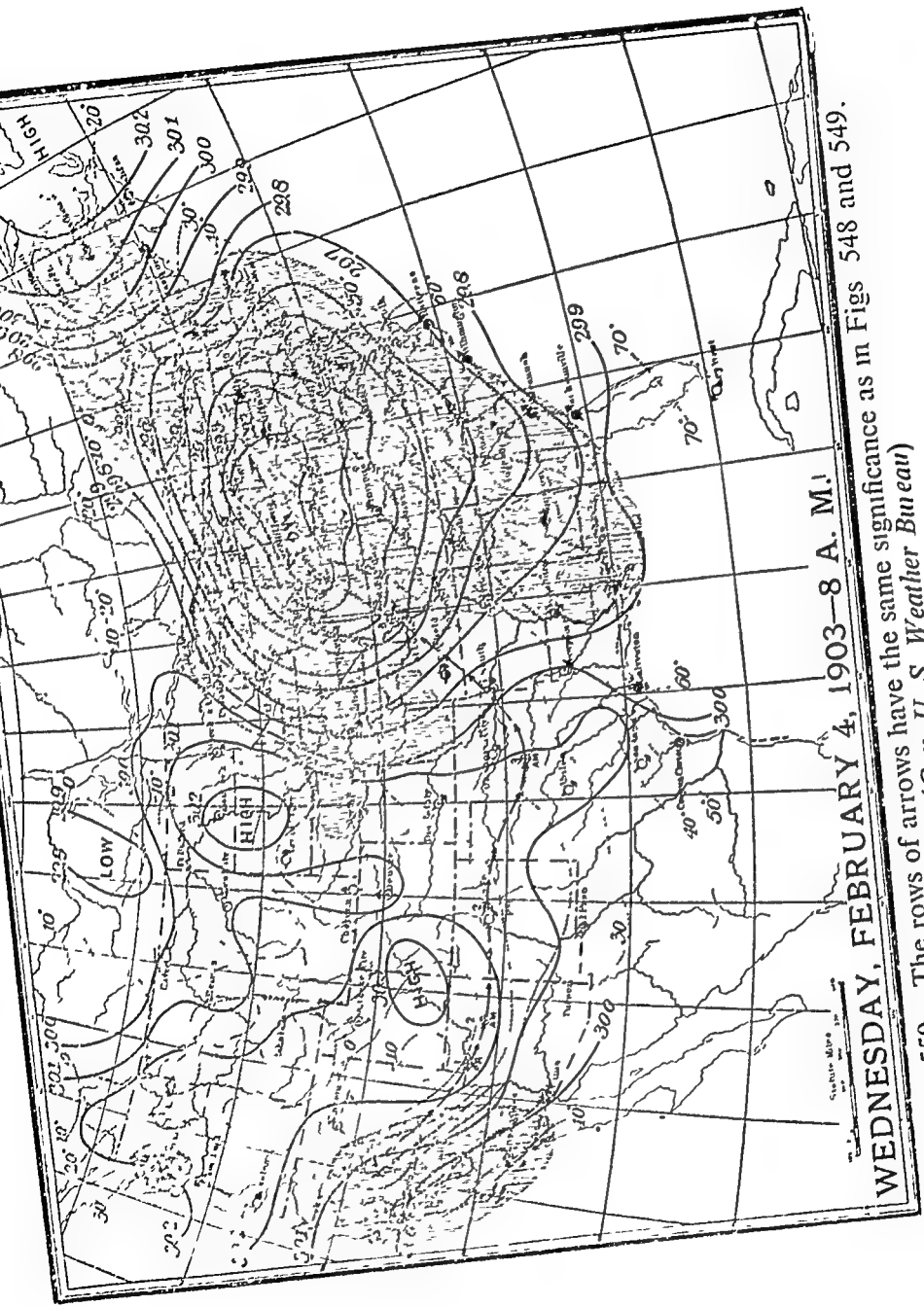


Fig 549 The rows of arrows to the west of the cyclones show their courses
(Cor. D. S. Weather. H. re.)



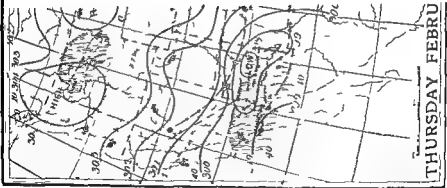


Fig 221 (Cox U S Weather Bureau)

इन मानचित्रों के अध्ययन द्वारा केवल गति का ही तथ्य नहीं वरन् 'उच्चो' एवं 'निम्नो' की गति की दर का भी हिसाब लगाया जा सकता है। जैसे, २५ से २६ तक (चित्र ५४३ एवं ५४४), ब्रिटिश कोलम्बिया का 'निम्न' लगभग १,२०० मील (१,६२० किलोमीटर) आगे बढ़ा। संयुक्त राज्य में चक्रवातों का औसत वेग प्रति घण्टा २६ मील (लगभग ४८ किलोमीटर) की अपेक्षा कुछ कम है (लगभग ७०० मील या १,१२० किलोमीटर प्रतिदिन); और प्रतिचक्रवातो का इससे भी कम है।

ऐसा नहीं समझना चाहिए कि तूफान की प्रगति की दर वही है जैसा कि पवन का वेग। किसी पवन का वेग समदावी प्रवणता (isobaric gradient) के ऊपर निर्भर करता है। एक अशक्त चक्रवात, अर्थात् ऐसा चक्रवात जिसमें दाब का अन्तर महान नहीं होता, अशक्त पवने उत्पन्न किया करता है, यद्यपि तूफान का केन्द्र शीघ्रता से ही आगे को बढ़ता रहता है। एक प्रबल चक्रवात, अर्थात् जिसमें दाबों के अन्तर महान होते हैं (चित्र ५३७), प्रबल पवनो को उत्पन्न करता है, यद्यपि चक्रवात स्वयं धीरे-धीरे आगे को बढ़ता है।

चित्र ५४६ और ५४७, २४ दिसम्बर से २५ दिसम्बर, १९०४ तक 'निम्नो' एवं 'उच्चो', अथवा चक्रवातो एवं प्रतिचक्रवातो की प्रगति दिखाते हैं। दिनांक २४ को औरेगन के ऊपर निम्न केन्द्रीय का मार्ग २५ के मानचित्र पर तीरो द्वारा दिखाया गया है। चित्र ५४८ से लेकर ५५१, फरवरी १९०३ में चार क्रमिक दिनों के लिए चक्रवातो एवं प्रतिचक्रवातो की गतियाँ दिखाते हैं, और विशेष रूप से अरीजोना से (चित्र ५४८) मेन (Maine) तक (चित्र ५५१) एक निम्न मार्ग को प्रदर्शित करते हैं। इन मानचित्रों पर दिखायी गयी 'उच्चो' एवं 'निम्नो' की प्रगति इसी प्रकार की अधिकांश वायुमण्डलीय विक्षुब्धियों (atmospheric disturbances) की गति के सामान्य मार्ग को प्रदर्शित करती हैं।

संयुक्त राज्य में चक्रवातो और प्रतिचक्रवातो के माध्य (mean) मार्ग चित्र ५५२ में दिखाये गये हैं। अधिक मोटी रेखाएँ प्रतिचक्रवातो के औसत मार्गों को दिखाती हैं, और हल्की रेखाएँ चक्रवातो के मार्गों को। कुछ प्रतिचक्रवात संयुक्त राज्यों में प्रशान्त महासागर से प्रवेश करते हैं, जबकि अन्य मौण्टाना के उत्तर और उत्तर-पश्चिम स्थल पर आरम्भ होते हैं। प्रतिचक्रवात महाद्वीप के आरपार या तो उत्तर का या दक्षिण का मार्ग ग्रहण करते हैं। पहला वाला तो बड़ी झीलों के मध्य-प्रदेश से होकर दक्षिणी न्यू इंग्लैण्ड तक फैलता है, जबकि द्वितीय अटलाण्टिक अथवा दक्षिणी अटलाण्टिक तट तक पहुँचता है। प्रशान्त महासागर से प्रवेश करने वाले प्रतिचक्रवात इनमें से कोई से भी एक मार्ग को ग्रहण कर सकते हैं, और उत्तर-पश्चिम में उत्पन्न होने वाले भी ऐसा ही कर सकते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

आरम्भ में जब चक्रवात उत्पन्न होते हैं तो वे अनेक स्थानों में दिखाई दे सकते हैं। उनमें से अधिकतर ऐसे होते हैं जो किसी अन्य स्थान की अपेक्षा उन स्थानों के निकट उत्पन्न होते हैं जहाँ प्रतिचक्रवातो का जन्म हुआ करता है, किन्तु

अनेक कोलोरेडा, ग्रेटबेसिन, टेक्सास एवं अन्य स्थानों पर भी आरम्भ होते हैं। उत्तर पश्चिम में आरम्भ होने वालों में से अधिकांश बड़ी नीचा के प्रदेश के मध्य से आरम्भ होकर न्यू इंग्लैण्ड तक पहुँचते हैं। उसमें और दक्षिण की ओर उत्पन्न होने वाले दक्षिणी भाग का अनुसरण करते हुए अटलाण्टिक तक जा सकते हैं, अथवा उत्तर की ओर को भी जा सकते हैं। कुछ उष्णकटिबन्धीय चक्रवात, जिनका वणन बाद में किया जाएगा, निचले अक्षांशों से मैक्सिको की खाड़ी में पहुँचते हैं, और वहाँ में किनारे का अनुसरण करते हुए उत्तर-पूर्व की ओर को बढ़ते हैं।

चित्र ५५२ में एक और भी अन्य प्रकार की रेखाएँ, जो १ दिन, २ दिन

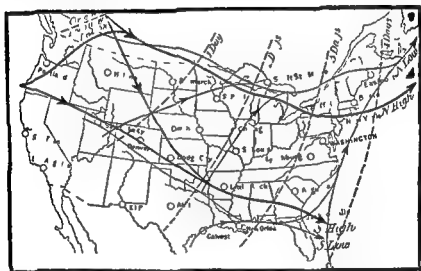


Fig 552

The heavier lines show the tracks of anticyclones and the lighter lines the paths of cyclones. Off the South Atlantic coast anticyclones are likely to turn northward (U S Weather Bureau)

३ दिन और ४ दिन से अधिक हैं उन तूफानों की दैनिक प्रगति की औसत दर का प्रकट करती है जो क्रमिक दिनों पर उत्तर पश्चिम से आते हैं।

कुछ मौसमी मानचित्र पूर्ववर्ती मानचित्रों की अपेक्षा अधिक जटिल (complicated) होते हैं। चित्र ५५३ एक ऐसा मानचित्र है जिस पर चार 'उच्च' और चार 'निम्न' हैं, उनमें से कुछ अश्वन है। मानचित्र में कुछ ऐसा बात होता है कि 'निम्न'-'उच्च' किस प्रकार एक दूसरे का अनुकरण करते हैं। समताप और समदाब रेखाओं के सम्बन्ध भी सूचनाप्रद है।

यह सरलता से देखा जा सकता है कि किसी चक्रवात का भाग पवन की दिशा के परिवर्तन में निहित रहता है। उदाहरण के लिए चित्र ५५८ में बफालो नामक स्थान पर यद्यपि वह पछुवा पवना के कटिबन्ध में है, पवन पूर्व की ओर से आती है। दूसरे दिन जबकि तूफान का वे बफालो (Buffalo) में आगे बढ़ चुका

है (चित्र ५४६), पवन पछुवा है। किसी आते हुए चक्रवात की पूर्वी पवन साधारण-तया सयुक्त राज्य के अधिकांश पूर्वी भाग में वर्षा का संकेत मानी जाती है।

चक्रवात वायु को बड़ी ऊँचाइयों तक प्रभावित नहीं करते हैं। जब बड़ा ववण्डर (whirl or eddy) २,००० मील (३,२०० किलोमीटर) आरपार भी होता

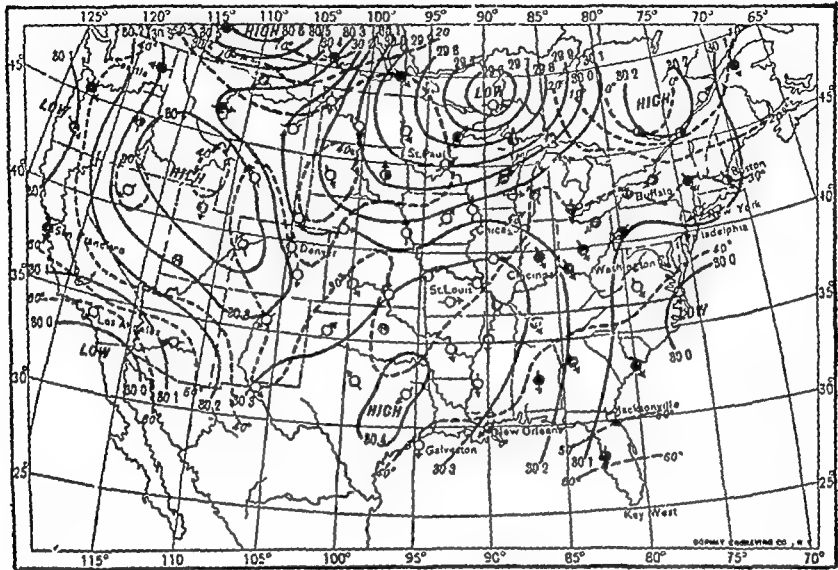


Fig. 553

Weather map for December 8, 1900. (U. S. Weather Bureau)

है, जैसा कि कभी-कभी होता है, तो इसकी ऊँचाई (गहराई) शायद ही ४ या ५ मील (६ या ८ किलोमीटर) से अधिक होती है।

चक्रवातों और प्रतिचक्रवातों की मौसमी दशाएँ (Weather conditions of cyclones and anticyclones)—किसी चक्रवात के चलने के समय कुछ वायु नीचे से ऊपर की ओर को खिंच आने के कारण से उष्ण अक्षांशों से शीतल अक्षांशों की ओर को खिंच आती है। ग्रीष्म काल के मध्य में इससे प्रायः 'उष्ण-तरंग' (hot-waves) उत्पन्न हो जाती है (चित्र ५५४), यद्यपि 'उष्ण-तरंग' चक्रवातों के साथ सदैव घनिष्ठता से सम्बन्धित नहीं है। इसी प्रकार की पवने पश्चिमी भूमध्यसागरीय प्रदेश में सिराको (Sirocco) के नाम से प्रसिद्ध है, और अन्य स्थानों पर अन्य नामों से पुकारी जाती है।

अनेक चक्रवातों के साथ 'शीत-तरंग' (cold-waves) रहती हैं। इन पवनों को सयुक्त राज्य के दक्षिणी भाग में नॉर्थर्स (northers) और उत्तरी भाग में कभी-कभी इनको हिम झन्झावात (blizzards) कहते हैं। हिम झन्झावात मामान्यतः भारी हिमपात एवं उच्च पवनयुक्त वे चक्रवात हैं जो तापमान को नीचा करते हैं। चित्र ५५५, ३ जनवरी, १८६६ का एक मानचित्र है और चित्र ५५६ उसके दूसरे दिन का। चित्र में मौण्टाना का 'उच्च' आरकसास और मिसौमिपी

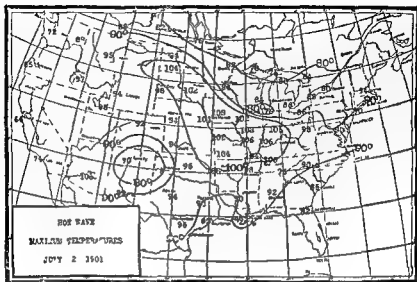


Fig 554
(U S Weather Bureau)

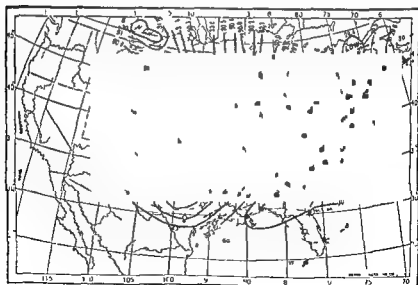


Fig 555
Map showing the minimum temperatures for January 3, 1896
(U S Weather Bureau)

की ओर को बढ़ गया है तथा फ्लोरिडा के संतरे के बागों के पास हिमांक तापमान उत्पन्न हो गया है।

संयुक्त राज्य की नौदर्भ (northerners) एवं दक्षिणी यूरोप की मिस्ट्रल (mistrals) एक ही वर्ग में आती हैं।

मध्यवर्ती अक्षांशों के चक्रवातों एवं प्रतिचक्रवातों की उत्पत्ति (Origin of the cyclones and anticyclones of intermediate latitudes) — चक्रवातों एवं

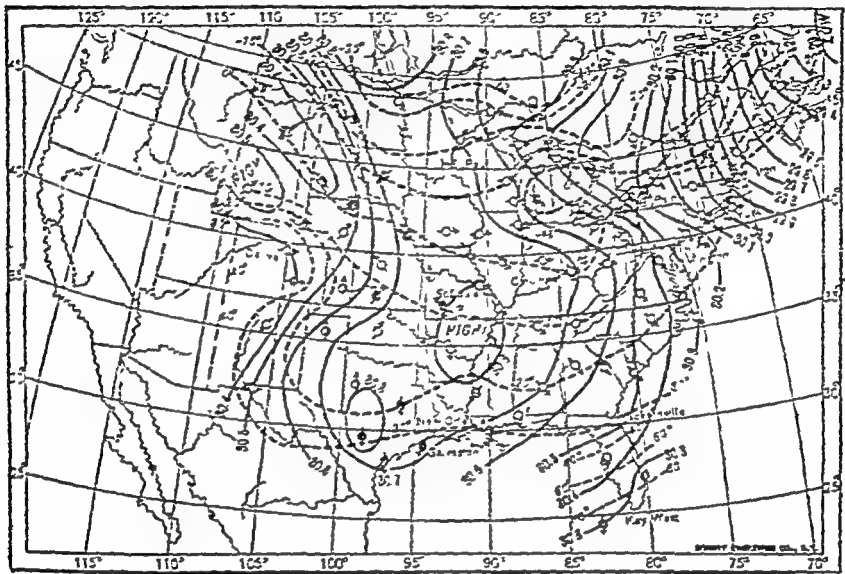


Fig. 556

Map showing the minimum temperatures for January 4, 1896. This figure shows the progress of the cold wave from the preceding day. At this time a freezing temperature has reached the orange groves of Florida. (U. S. Weather Bureau)

प्रतिचक्रवातों की कोई सन्तोष देने वाली व्याख्या, जो कहने में सरल हो, नहीं की जा सकती है। निम्न दबाव के केन्द्र कतिपय क्षेत्रों की अत्यधिक गरमी द्वारा पैदा हो सकते हैं; किन्तु यह कारण समशीतोष्ण अक्षांशों के अधिकांश चक्रवातों की उत्पत्ति के लिए जायद ही उचित हो सकता है, क्योंकि वे ग्रीष्म की अपेक्षा शिशिर में अधिक सामान्य (common), अधिक प्रबल और अधिक तीव्रगामी होते हैं। जाड़े की ऋतु में वे प्रायः हिमाच्छादित उन क्षेत्रों में उत्पन्न होते हैं जहाँ पर अत्यधिक गरमी असम्भव है। औसत रूप में महासागरीय चक्रवात स्थल-चक्रवातों की अपेक्षा अधिक गतिगामी होते हैं, और अत्यधिक स्थानीय गरमी उनकी शक्ति की पर्याप्त व्याख्या उपस्थित नहीं करती है। इसी प्रकार, प्रतिचक्रवातों के विषय में धारणा हो सकती है कि वे कतिपय क्षेत्रों की असाधारण शीतलता द्वारा उत्पन्न होते हैं, किन्तु यह तथ्य, कि यह उनका कारण नहीं है, इस घटना से स्पष्ट जात होता है कि वे

कभी कभी ओष्ण (warm) प्रदेशों में उत्पन्न होते हैं, और आगे इस घटना में कि ओष्ण मौसम की अपेक्षा शीत मौसम में वे विशेष रूप से अधिक मात्रा में नहीं होते हैं। दोनों प्रकार के विक्षोभ (disturbances) की उत्पत्ति, सम्भवतः तापमान की स्थानीय विषमताओं के कारण होने वाली वायुमण्डलीय गतियों की अपेक्षा शायद ही सामान्य संचार में सम्बन्धित वायुमण्डलीय गतियों के प्रसंग में देखनी होगी।

उष्णकटिबंधीय चक्रवात (Tropical cyclones)—कभी कभी चक्रवात उष्णकटिबंधीय प्रदेशों में उत्पन्न होते हैं और उनका भाग समशीतोष्ण अक्षांशों के चक्रवातों के भाग से नितांत भिन्न होता है। उत्तरी अमेरिका को प्रभावित करने वाले इस वर्ग के अधिकांश चक्रवात पश्चिमी द्वीपसमूह में उत्पन्न होते हैं और गर्मी के अन्तिम दिनों तथा पतझड़ के प्रारम्भिक दिनों में अधिकता में पैदा होते हैं। वे एक उत्तर पश्चिमी भाग का अनुसरण तब तक करते हैं जब तक कि फ्लोरिडा का अक्षांश न आ जाए। यहाँ से उनमें से अधिकांश उत्तर की ओर की मुड़ जाते हैं, और बाद में उत्तर पूर्व की ओर की ओर अटलांटिक तट का अनुसरण करते हुए जान पड़ते हैं। चित्र ५५७ ५६०, अगस्त (२७-३०), १८६३ में इन तूफानों में से एक का भाग दिखाते हैं, और चित्र ५६१ सन् १८७८ से १९०० तक के वर्षों के लिए अगस्त, सितम्बर और अक्टूबर के महीनों के लिए उष्णकटिबंधीय चक्रवातों के औसत भाग का दिखाता है। इस प्रकार के तूफानों को कभी-कभी प्रभञ्ज (hurricanes) कहते हैं।

सामान्यतः उष्णकटिबंधीय चक्रवात समशीतोष्ण अक्षांशों के चक्रवातों की अपेक्षा अधिक सुस्पष्ट होते हैं, अर्थात् प्रवणता (gradient) के उच्च होने के कारण पवन प्रबल होती है। उनमें से कुछ तट के समीपवर्ती भागों में महान क्षति पहुँचाते हैं जिसमें जहाजों के आवागमन एवं निचले तटीय स्थला, दोनों ही को हानि पहुँचती है। जिस तूफान ने सितम्बर १९०० में गालवस्टन (Galveston) का जिस भाग में विनाश किया था वह चित्र ५६२ में दिखाया गया है, यह चित्र सितम्बर ८ से पहले तथा पश्चात्, तूफान के दोनों मार्गों को भी दिखाता है। तूफान की शक्ति असामान्य थी और उसका भाग असाधारण था जैसा कि चित्र ५६२ के साथ चित्र ५६१ की तुलना करने पर देखा जा सकता है। चित्र ५६२ प्रकट करता है कि तूफान की प्रगति की दर अति भिन्न भिन्न थी। क्यूबा के उत्तर पश्चिम इसकी प्रगति उसके दक्षिण-पूर्व की प्रगति की अपेक्षा अति मन्द थी। फ्लोरिडा के ठीक दक्षिण में यह बारह घण्टा में उस दूरी का केवल एक चौथाई ही तय कर पाया था जो इसमें क्यूबा के दक्षिण-पूर्व में एक घण्टा में तय की थी।

उष्णकटिबंधीय चक्रवात दक्षिणी अटलांटिक में नहीं आते हैं। उनके पैदा होने का अधिकांश स्थान भूमध्यरेखा से अनेक अंश उत्तर में होता है, १०° और २०° के बीच। प्रशान्त महासागर में वे भूमध्यरेखा के दानों और उत्पन्न होते हैं। वे गरम ऋतुओं के भाग में पहले आते हैं, और उनके विषय में यह विचार किया जाता है कि वे प्रबल सवाहन धाराओं द्वारा उत्पन्न होते हैं। उनके भाग स्पष्ट रूप से

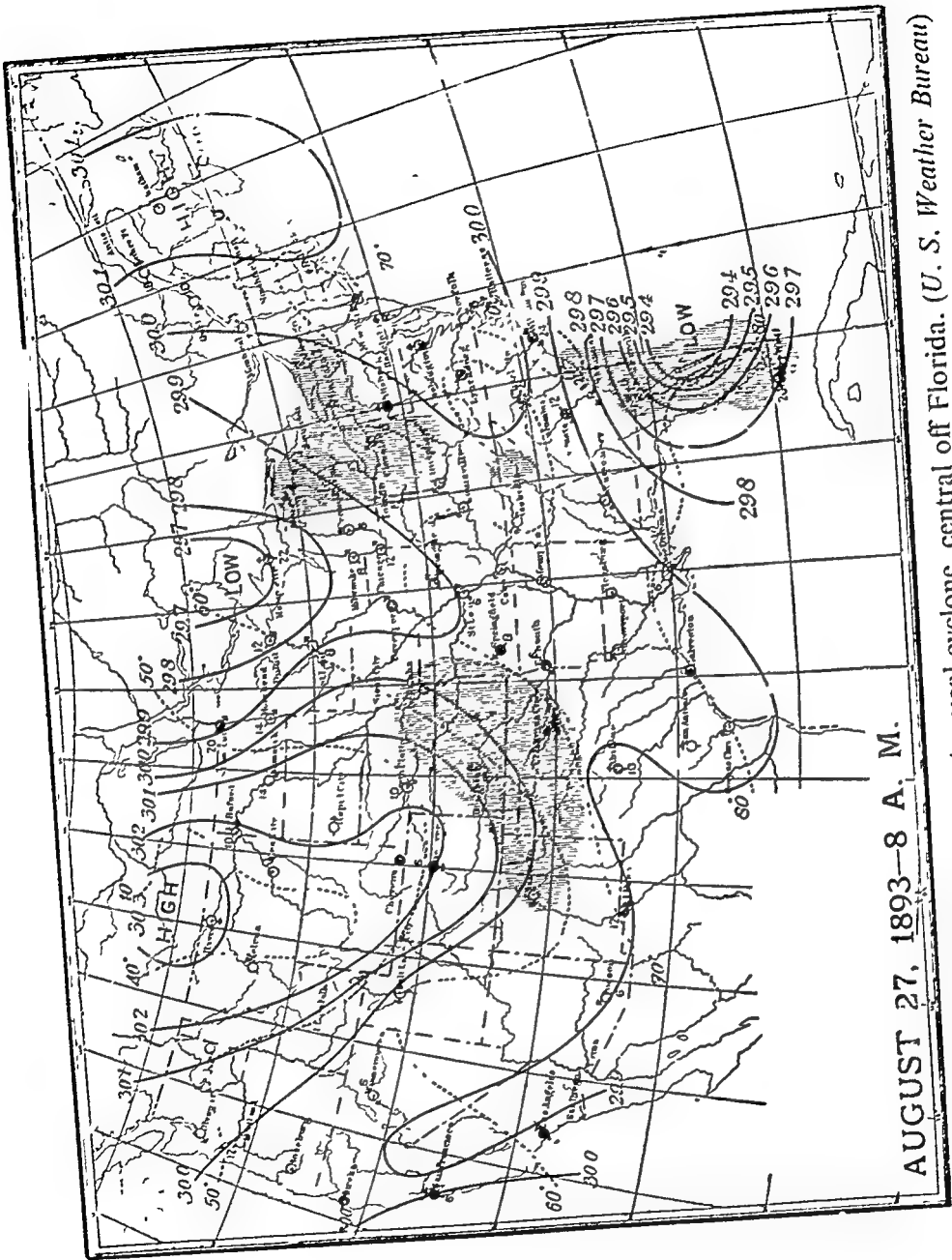


Fig. 557 Weather map showing a tropical cyclone, central off Florida. (U. S. Weather Bureau)

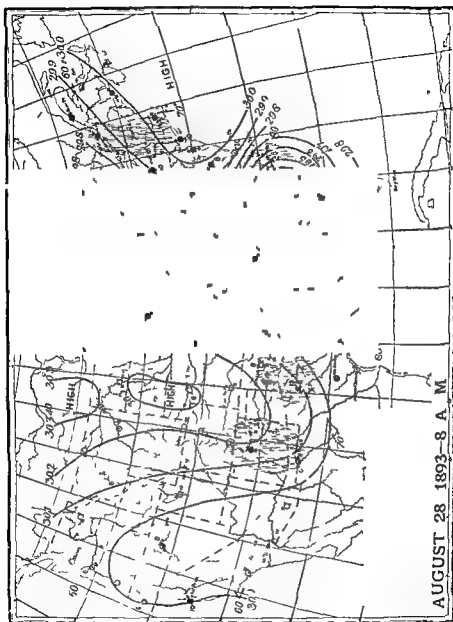
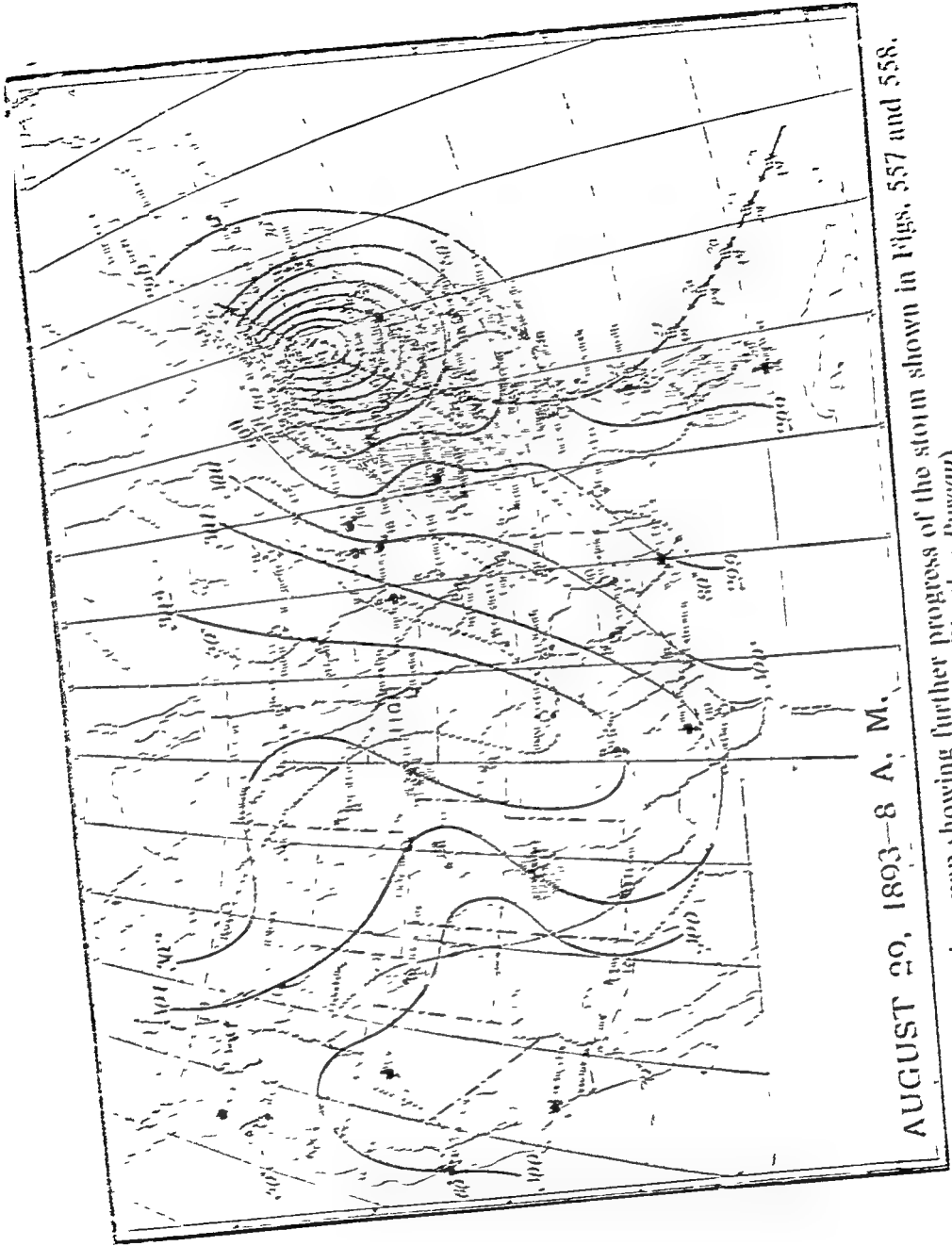


Fig. 558 Weather map showing the progress of the storm shown in Fig. 557



AUGUST 29, 1893—8 A. M.

Fig. 550. Weather map showing further progress of the storm shown in Figs. 557 and 558.
(U. S. Weather Bureau)



Fig 560 Weather map showing the list of the storm shown in the preceding figures
(U. S. Weather Bureau)

अनियमित होते हैं जिनकी व्याख्या सम्भवतः प्रचलित पवनो के मार्गों द्वारा हो सकती है। चक्रवात का निचला भाग व्यापारिक पवनो की क्षितिज में होता है, किन्तु इस महान ववण्डर (great eddy—भँवर) का ऊपरी भाग सम्भवतः व्यापारिक पवन की क्षितिज से ऊपर होता है और ऊँची धाराओं के प्रभाव के भीतर रहता है। इन दो नियन्त्रणो के प्रभाव से यह ज्ञात होता है कि वे तूफान को कुछ पश्चिम-उत्तर की ओर को ले जाते हैं (उत्तरी गोलार्द्ध में), यहाँ तक कि वह व्यापारिक पवनो के नियन्त्रण से पूरी तरह छूट जाता है; जिसके पश्चात वह मुख्य रूप से दक्षिण-पश्चिमी पवनो द्वारा प्रभावित होता है। व्यापारिक पवनो से मुक्त हो जाने के बाद तूफान

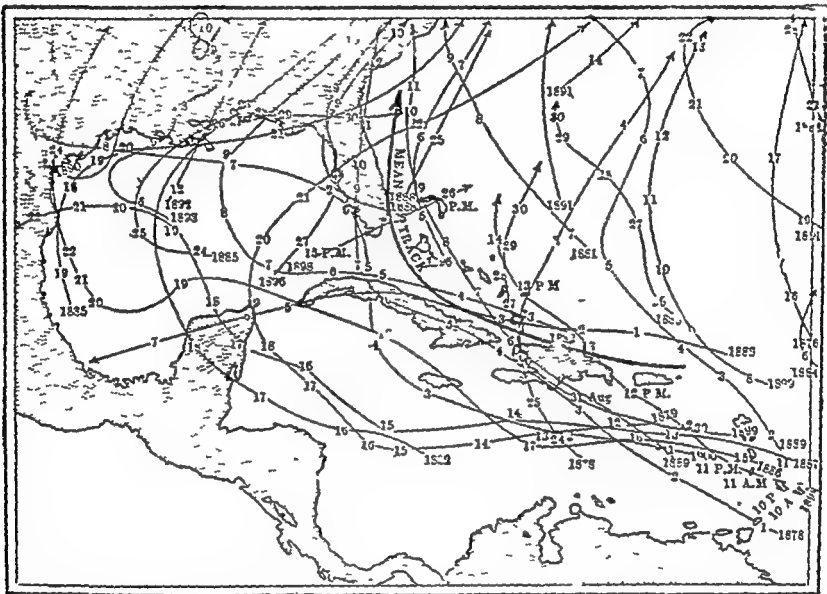


Fig. 561

Course of West Indian storms for August, September, and October, 1878-1900 The lighter lines show the tracks of individual storms, the heavy lines the mean course. (*U. S. Weather Bureau*)

का मार्ग, प्रचलित पवनों के मार्ग की अपेक्षा अधिक उत्तरी मार्ग पर चलते हुए, सम्भवतः स्थल एवं समुद्र के तापमान द्वारा और उससे उत्पन्न वायु की गतियों द्वारा प्रभावित होता है।

पश्चिमी द्वीपसमूह के प्रभजनों (hurricanes) के समान उत्तरी प्रशान्त महासागर के प्रचण्ड तूफान (typhoons) हैं, जो फिलीपाइन्स के निकट उत्पन्न होते हैं और चीन के तट को झकझोर डालते हैं। उनके मार्ग चित्र ५६३ में दिखाये गये हैं। सोसाइटी द्वीप और पडोस के निम्न द्वीपसमूह (Low Archipelago) के निम्न मूँगे के द्वीप इस प्रकार के एक विनाशकारी तूफान द्वारा ७ और ८ फरवरी, १९०६ को नष्ट कर डाले गये थे। १८ सितम्बर, १९०६ का हाँगकौंग का प्रचण्ड



तूफान (typhoon—टफ़न) अनुमानतः ५,००० जानें और २०,००,००० डालर की सम्पत्ति को नष्ट कर गया था।

मौसम की भविष्यवाणियाँ (Weather predictions)—मौसम की भविष्यवाणियाँ मौसम के मानचित्रों द्वारा निर्दिष्ट (illustrated) प्राकृतिक दृश्यों पर आधारित होती हैं; इसके लिए २५ नवम्बर, १९०३ के दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) उदाहरण के रूप में लिया जा सकता है। चित्र में जाकोटा के ऊपर चक्रवात के मध्यवर्ती भाग के साथ वर्षा भी है। चूंकि यह तूफान पिछले चौबीस घण्टों तक

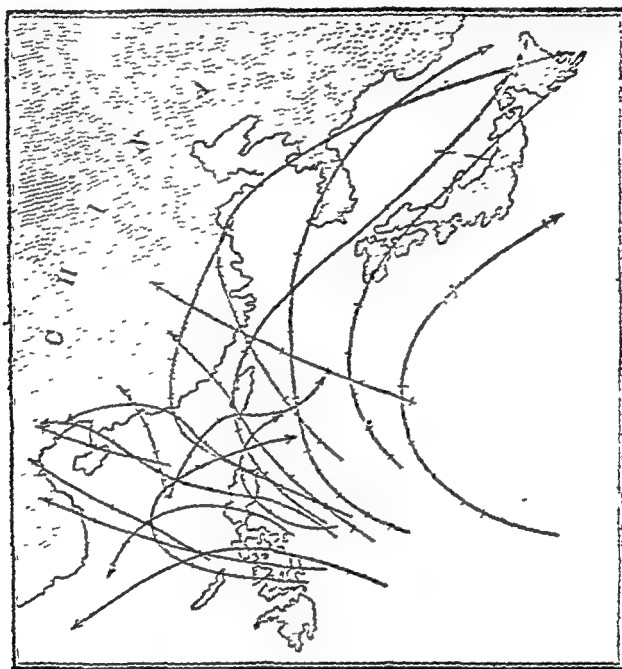


Fig. 563

Typhoon tracks. (After Herbertson)

कुछ आग्नेय दिशा की ओर प्रति घण्टा लगभग ४० मील (६४ किलोमीटर) की गति में आगे बढ़ता रहा है, अतः यह मान लेना उचित ही है कि वह अगले २४ घण्टों में भी इसी सामान्य दिशा में इसी प्रकार की गति में आगे को बढ़ेगा। यदि इन समय में यह मुपीरियर झील के प्रदेश में बढ़ता है, तो यह सम्भवतः अपने साथ वैसा ही मौसम यहाँ लायेगा जैसा कि यह उस प्रदेश को दे रहा है जहाँ यह अब है। अतः २५ नवम्बर को, जिस दिन की मौसम की दशाएँ चित्र ५४३ में दिखायी गयी के समान पायी गयी हैं, यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि मुपीरियर झील के निचे के आसपास के प्रदेश में लगभग २४ घण्टों में वर्षा की आशा की जाती है।

दिनांक २६ का मानचित्र (चित्र ५४४) प्रकट करता है कि तूफान का मार्ग थोड़ा बदल गया है, और ननिक ईषाण की दिशा (north of east) को है, जो

चक्रवानों का सामान्य मार्ग है, जहाँ त्रिटिघ्न कोनम्बिया में थोड़ा आग्नेय दिशा की ओर नीचे उतरने के बाद, मध्युक्त राज्य के मध्यवर्ती देशांतरों में चक्रवानों के पूर्व अथवा थोड़ा भाईपापी दिशा की ओर भी घूम जाने की सम्भावना रहती है (चित्र ५५२)। २६ तारीख को यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि जिस चक्रवान का निम्न केन्द्र मुपीरियर नील के उत्तर में है (चित्र ५४४) वह केन्द्र दूमेरे दिन तक मॅण्टनारैम की खाड़ी तक बढ़ जाएगा और उसके साथ वर्षा होंगी। अब हार्न नील के ग्रामपान के प्रदेश और उसके पूर्व के प्रदेश के लिए वर्षा की भविष्यवाणी की जा सकती है। २७ तारीख का मानचित्र (चित्र ५४५) प्रकट करता है कि अवक्षेपण (precipitation) का क्षेत्र पर्याप्त दक्षिण तक फैला हुआ है। हमारे पहले वाले मानचित्र ने इस प्रदेश में कुछ वादन प्रकट किये थे किन्तु बदली के ऐसे किसी क्षेत्र की भविष्यवाणी के लिए कोई आश्वासन नहीं दिया गया था। बदली (cloudiness) के क्षेत्र के दक्षिणी भाग में तडिज्जमा (thunder-storm—विजनी-आधी पानी) दिखाये गये हैं।

तापमान और अवक्षेपण के परिवर्तन के बारे में भी भविष्यवाणी की जा सकती है। चित्र ५४२ में ४०° की समताप रेखा ईओवा (Iowa) के ऊपर उच्च केन्द्रीय भाग में स्पष्ट रूप से दक्षिण की ओर मुड़ जाती है। जैसे-जैसे 'उच्च' पूर्व का बढ़ता जाता है वह सम्भवतः जपान साथ निम्न तापमान को ले जाएगा। अब ऐसी भविष्यवाणी कर सकना सम्भव है कि तापमान उस क्षेत्र में नीचा हो जाएगा जिसमें प्रतिचक्रवान बटों को है। इसके बाद के दिन का मानचित्र (चित्र ५४३) प्रकट करता है कि पश्चिमी वर्जीनिया का तापमान 'उच्च' के मार्ग के साथ ही साथ लगभग ६०° से लगभग ४०° तक गिर गया है, जबकि अत्यधिक उत्तर के क्षेत्र जोण है।

वही मानचित्र (चित्र ५४३) प्रकट करता है कि उत्तरी डाकोटा और अरबटा का तापमान ५०° है अर्थात् पश्चिमी वर्जीनिया के तापमान की अपेक्षा १०° अधिक जोण है। यह भी देखा जा सकता है कि डाकोटा, मीण्डाना और अरबटा का मापनिक 'उच्च तापमान एक निम्न' के साथ है। जैसे-जैसे निम्न पूर्व की ओर बढ़ता है यह विश्वास किया जाता है कि इसके मार्ग के साथ ही साथ तापमान भी कुछ अधिक लँचा हो जाएगा। हम तथ्य को आगे वाले मानचित्र द्वारा दिखाया गया है (चित्र ५४४) जो मुपीरियर नील के उत्तर में लगभग ४०° के तापमान को प्रकट करता है। वही मानचित्र यह भी दिखाता है कि ४०° की समताप रेखा किस प्रकार से उस 'उच्च' के सामने दक्षिण की ओर को मुड़ जाती है जो पश्चिमी मीण्डाना के ऊपर केन्द्रीय है। इन दिनों विनीपेग का लगभग वही तापमान है जो कई मील नीचे (किलोमीटर) दक्षिण में चेन्नो (Cheyenne) का है। मीण्डाना का 'उच्च' जब पूर्व की ओर को बढ़ेगा, तब इन बातों की सम्भावना रहूँगी कि वह अपने साथ शीत तापमान को ले जाएगा। अब इस मानचित्र में यह भविष्यवाणी की जा सकती है कि नेब्रास्का (Nebraska), कान्सास (Kansas)

इओवा (Iowa) और मिसौरी (Missourie) में तापमान नीचे गिरेगा। दूसरा मानचित्र (चित्र ५४५) प्रकट करता है कि ओमाहा (Omaha) पर तापमान 50° से 40° पर पहुँच गया है, जबकि पूर्वी कंसास का 30° से 40° पर नीचे आ गया है।

किमी निश्चित स्थान पर किसी निश्चित तूफान द्वारा लाया गया जो अवक्षेपण होगा उसका समय तूफान की प्रगति की दर में निकाला जाता है। इसी प्रकार किमी चक्रवात द्वारा लायी जाने वाली सम्भावित शीत-तरंग के पहुँचने का समय प्रगति (progress) की दर के आधार पर पहले में ही सूचित किया जाता है जो प्रतिचक्रवात में पायी जाती है। ये दरें पहले से ही तार की सूचनाओं द्वारा विदिन हो जाती हैं। संयुक्त राज्य के पश्चिमी भाग की अपेक्षा उसके केन्द्रीय एवं पूर्वी भागों के लिए मौसम के सम्बन्ध की भविष्यवाणियाँ अधिक सरलता से की जा सकती हैं, क्योंकि केन्द्रीय एवं पूर्वी भागों तक पहुँचने से पहले तूफान अधिक समय तक निरीक्षण में रह चुके होते हैं।

पवन की शक्ति एवं दिशा के विषय में भी भविष्यवाणियाँ की जा सकती हैं। इनमें सम्बन्धित सिद्धान्त सरलता से समझे जा सकते हैं, और जिन आँकड़ों (data) पर भविष्यवाणियाँ आधारित होती हैं, वे भविष्यवाणी करने वालों द्वारा उसी प्रकार से प्राप्त किये जाते हैं जैसे कि तापमान एवं वर्षा से सम्बन्धित आँकड़े प्राप्त किये जाते हैं।

भविष्यवाणियों की असफलता अथवा असत्यता (Failure of predictions)—अनेक मौसम विषयक भविष्यवाणियाँ झूठी सिद्ध होती हैं। इसके अनेक कारण हैं जिनमें से कुछ निम्न हैं :

(१) कुछ चक्रवात और प्रतिचक्रवात उन मार्गों से पर्याप्त हट जाते हैं जिन पर उनके चलने की आशा होती है। जैसे, कोई तूफान मैण्टपौल की दिशा में सीधा आता हुआ हो सकता है जहाँ पर उससे वर्षा एवं बढ़ते हुए तापमान की आशा की जाती है; किन्तु अपने सामान्य मार्ग (normal course) पर जाने के स्थान पर वह उत्तर की ओर को मुड़ सकता है और जो वर्षा मैण्टपौल के लिए सूचन की गयी थी, वह और उत्तर की ओर को होती है।

(२) कुछ तूफान अपने आगे बढ़ने की दर को बदल देते हैं जिसके कारण वे पूर्व सूचना की अपेक्षा पहले या बाद में पहुँचते हैं। जैसे, यदि कोई तूफान जो एक दिन में ६०० मील (९६० किलोमीटर) की गति से आगे बढ़ता रहा है, अचानक ही रुक जाता है अथवा केवल कुछ आगे बढ़ता है, तो वह उन क्षेत्रों में जिन तक बढ़ने की इसने आशा की जाती थी, पूर्व सूचना के अनुसार परिवर्तन उपस्थित नहीं कर पाता है।

(३) भविष्यवाणियों की असत्यता का तीसरा कारण इस घटना में पाया जाता है कि तूफान बिना चेतावनी के प्रकट एवं विलुप्त होते रहते हैं। केन्द्रीय ओक्लेहामा (Oklahoma) के ऊपर चित्र ५४४ एक उस 'निम्न' को प्रकट करता है जिसकी २५ तारीख को कोई सूचना नहीं थी; चित्र ५४५ प्रकट करता है कि यह

‘निम्न’ विलुप्त हो गया है। अत्यधिक स्पष्ट तूफान भी जो मौसम के महान परिवर्तन की सूचना देते हैं, अदृश्य हो जाया करते हैं। इन परिस्थितियों में मौसम पूर्व सूचना के अनुसार नहीं होता, और मौसम की असत्यता का दोष भविष्यवाणी कर्ता पर मढ़ा जाता है।

(४) कभी कभी भविष्यवाणियाँ अपर्याप्त आकड़ों पर आधारित होती हैं। यह ध्यान देने की बात है कि कुछ मौसम के मानचित्रों पर विभिन्न वृत्ता के भीतर *M* लिखा रहता है। इसका अर्थ यह है कि उन स्टेशनों से जहाँ *M* लिखा है, सूचना नहीं जायी है। अनेक सूचनाओं के अभाव में मानचित्र उतना ही अधिक अपूर्ण रह जाता है, किन्तु भविष्यवाणी कर्ता को उपान्ध सूचनाओं के आधार पर ही मानचित्र अनिवार्य रूप में निकालना पड़ता है, वह सूचनाओं के लिए रुका नहीं रहता है।

(५) तूफानों की विशेषताओं में भी परिवर्तन हो सकता है। जैसे, २० जनवरी, १८९४ के मानचित्र (चित्र ५६४) से यह पहले से ही नहीं जाना जा सका कि कोलारेडो में चक्रवातीय केन्द्र उन उल्तेष्मनीय विशेषताओं को विकसित कर लेगा जो दूसरे दिन के मानचित्र (चित्र ५६५) पर दिखाई पड़ती है।

(६) किसी किसी परिस्थिति में तूफान अनेक प्रकार की असाधारण परिस्थितियों को जन्म देते हैं। शिकागो की दशा इसका एक उदाहरण है। यहाँ पर प्रायः झील के प्रभाव के कारण तूफानों का व्यवहार अनिश्चित सा रहता है। इस अनिश्चितता के कारण तापमान एवं वायु की धाराओं में असाधारण परिवर्तन उत्पन्न होते रहते हैं। इसका कारण यह है कि शिकागो के समीप की मिशीगन झील का विस्तार उत्तर से दक्षिण को है, इस झील के अतिरिक्त अन्य कोई ऐसी झील नहीं है जिसका इतना विशाल विस्तार उत्तर से दक्षिण को हो। यही कारण है कि अन्य किसी झील को प्रचलित पवना का इतनी चौड़ाई में सामना नहीं करना पड़ता है जितना कि मिशीगन को।

भविष्यवाणी-कर्ता भी अन्य मनुष्यों की भांति त्रुटियाँ कर सकते हैं, किन्तु जब उन्हें इतने अधिक अनिश्चित तत्त्वों के साथ काम करना पड़ता है तो यह आश्चर्य नहीं कि वे भी कभी कभी गलतियाँ कर बैठें, साथ ही यह वैसी विचित्र बात है कि अनेक सही मौसम सम्बन्धी भविष्यवाणियों (prognostications) की अपेक्षा एक गलत अनुमान अधिक समय तक स्मरण किया जाता है।

तूफान, तुषार, बाढ़ आदि से सम्बन्धित भविष्यवाणियों द्वारा सम्पत्ति का बचाव (Property saved by predictions of storms, frosts, floods, etc) — अभी अभी मौसम की अनेक असत्यताओं और अनिश्चितताओं को स्पष्ट किया गया है। उन अनेक त्रुटियों के होते हुए भी, मौसम विभाग (Weather Bureau) द्वारा तूफानों, बाढ़ों, शीत-सहारा आदि के सम्बन्ध में भेजी गयी सूचनाओं ने मानव के विभिन्न हिस्सों को महान लाभ पहुँचाया है। मौसम विभाग की इस सेवा के मूल्य का सदैव उचित मूल्यांकन नहीं किया जाना है, बेतावनियाँ के अभाव में जो हानियाँ हुईं होनी उनकी सूचनाओं की अपेक्षा इस सेवा के विषय में बहुत कम सुनने में जाता है। दुर्भाग्यवश,

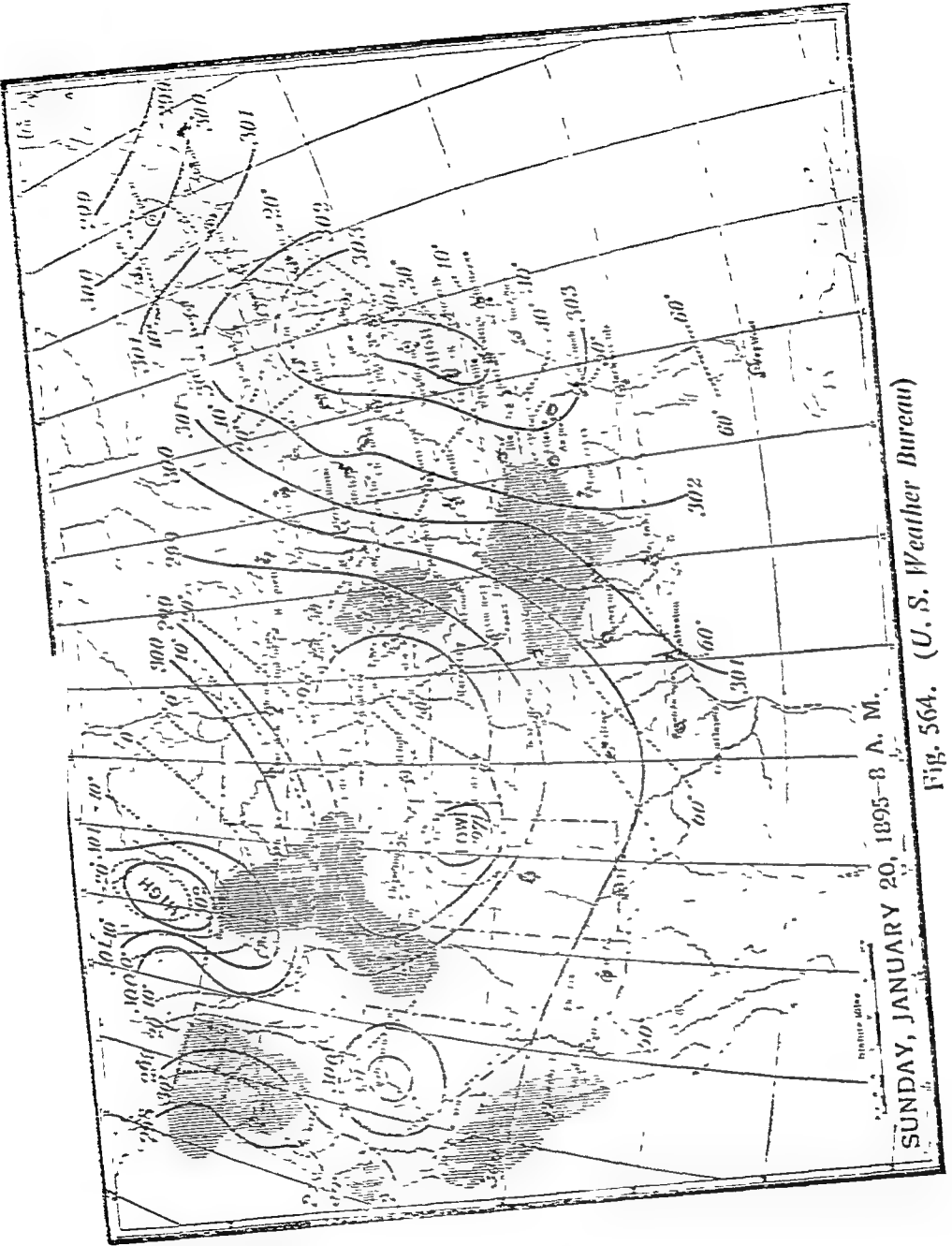


Fig. 564. (U. S. Weather Bureau)

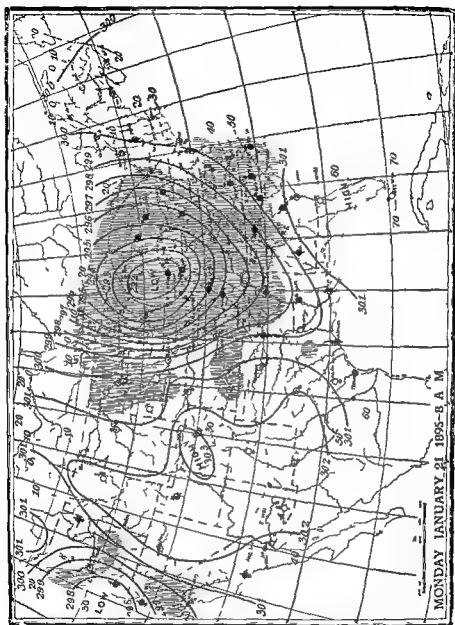


Fig. 565 This map shows the storm of the preceding day greatly changed in character
(U. S. Weather Bureau)

मौसम विभाग जिस खतरे की चेतावनी देना है, उसके विरोध में सुरक्षा की योजना बना लेना सदैव सम्भव नहीं है।

यह अनुमान किया गया था कि १८६७ में आने वाली बाढ़ों की चेतावनियों द्वारा १,५०,००,००० डालरों की सम्पत्ति की रक्षा हुई थी। यह एक विघेप अवसर था जब चेतावनी में इतना अधिक लाभ प्राप्त किया गया, अर्थात् यह सम्भव नहीं है कि प्रत्येक चेतावनी में पूर्ण लाभ उठा ही लिया जाए; फिर भी प्रत्येक वर्ष इस प्रकार में पर्याप्त धन की रक्षा कर ही ली जाती है। १९०३-०४ में वचन का अनुमानित मूल्य १०,००,००० डालर था।

तूफान की अग्रिम सूचनाओं द्वारा नौकाचालन के हितों की रक्षा होती है। उदाहरण के लिए, मितम्बर १९०३ में ५,८५,००० डालर के मूल्य की सम्पत्ति में भरे जहाज, तूफान की चेतावनियों के मिल जाने के कारण, फ्लोरिडा के तट के बन्दरगाहों में अस्थायी रूप से रोक लिये गये थे।

तूफान, गीत की लहरों एवं विघेप तुफार की अग्रिम सूचनाओं द्वारा कृषि के हितों की रक्षा होती है। १९०१ में चेतावनियों के आधार पर जैक्सनविले, फ्ला० (Jacksonville, Fla.) के आसपास १०,००,००० डालर के मूल्य के फलों की रक्षा का प्रयास किया गया था, और इस मात्रा के आधे भाग की वचन का अनुमान था। १९०१ में गीत की अन्य अग्रिम सूचनाओं के विषय में अनुमान किया गया है कि वे ३४,००,००० डालर की सम्पत्ति की रक्षा का साधन बनी थी। फल एवं शाक की वह कृषि (fruit and truck-farming), जिसे ट्रकों द्वारा बाहर भेजा जाता है, कृषि कार्य के ऐसे अंग हैं जो इस प्रकार से अधिकतम प्रभावशाली ढंग से सुरक्षा पाते हैं।

तड़ित्ज्झा (Thunder-storms—विजली की चमक एवं तड़कन के साथ आँधी-पानी का तूफान)—संयुक्त राज्य में ऐसे तूफान बार-बार आते रहते हैं। वे निम्न अक्षांशों में, अथवा मध्य अक्षांशों की ग्रीष्म ऋतु में अधिकतम सामान्य हैं, और वे उन दिनों में अधिक आते हैं जो असाधारण रूप से गरम होते हैं, और इन दिनों के भी उस भाग में (दोपहर बाद) अधिक आते हैं जो सबसे अधिक गरम होता है। साथ ही साथ, वे ग्रीष्मकाल अथवा दिन के गरम भाग तक ही सीमित नहीं होते हैं, क्योंकि मध्य अक्षांशों में, और उच्च अक्षांशों में भी, जाड़े की ऋतु में भी कभी-कभी ऐसे तूफान होते रहते हैं, यहाँ तक कि कभी-कभी तो रात तक में ऐसे तूफान आया करते हैं।

किमी तड़ित्ज्झा का प्रथम आभास साधारणतया एक विनाल कपासी मेघ (चित्र ५६६) में होता है। ऐसे बादल पछुवा पवनो के प्रदेश में, सामान्यतः पश्चिम में दिखाई देते हैं। कपासी मेघ (अथवा तड़ित-शीर्ष—thunder-head) वर्षा किया करते हैं। ऐसे मेघ आर्द्र वायु की ऊपर की उठती हुई धारा द्वारा उत्पन्न होते हुए प्रतीत होते हैं। ऐसा बादल पूर्व की ओर बढ़ता है, और देखने वाले व्यक्ति के समीप आते हुए यह ऊपर की उठता हुआ जान पड़ता है, किन्तु यह उठाव केवल दिवावटी ही होता है। जब बादल देखने वाले के समीप पहुँचना है तो साधारणतया

इसके सामने एक नीव समीर अथवा 'तडित-प्रचण्ड-वात' (thunder squall) दौड़ता हुआ जागे बढ़ता है। प्रचण्ड वात के शीघ्र पश्चात् ही वर्षा होने लगती है। वर्षा प्रायः भारी होती है और बूँदें बड़ी-बड़ी हानी है, किन्तु चपा सामान्यतः एक घण्टे में अधिक नहीं रुकती है, और अनेक परिस्थितियों में बहुत कम समय तक भी होती है। परन्तु कभी कभी एक दूसरा तडिज्झा तुरन्त ही पहले झझा के बाद आता है (चित्र ५६७) और इस प्रकार वह वर्षा की अवधि को बढ़ा देता है। जब कोई तडिज्झा पृथ्वी

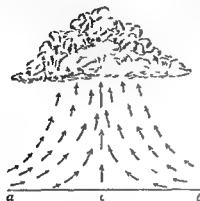


Fig 566

Ascending currents and cumulus clouds preparatory to thunder-storm (After Ferrel)

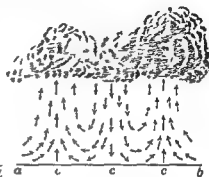


Fig 567

Air currents in thunder storm (After Ferrel)

की ओर को बढ़ जाता है तब उसके बाद वायु माधारणतया अधिक भीतन और ताजी रहती है और वायुदाबमापी उच्चतर रहता है।

किसी तडित-मेघ (thunder cloud) में जल की प्रत्येक बूँद बिजली से भारयुक्त होती है, और उनके आकार की वृद्धि के साथ भार बढ़ता जाता है। बिजली का प्रकाश किसी मेघ के एक भाग से दूसरे भाग, अथवा एक भेद में दूसरे मेघ, अथवा मेघ से पृथ्वी में बिजली के चले जाने के कारण उत्पन्न होता है।

बिजली की हर चमक के बाद गजन होना है, यह गजन वायु के उन प्रकम्पनों (vibrations), के कारण होता है, जो बिजली के उन्मादन (discharge) द्वारा उत्पन्न विक्षोभों के परिणामस्वरूप होते हैं। गजन की तुलना उस कोलाहल (noise) से की गयी है जो वायु में किसी अन्य प्रचण्ड विक्षोभ (disturbance) के कारण होता है, जैसे किसी गकेट (rocket—प्रोत्का) के विस्फोट (explosion) अथवा किसी कोड़े की पटकार में होता है। बिजली की किसी लम्बी चमक के बाद लोटन गजन (rolling thunder) आ सकता है अथवा यह एक के बाद एक जान वाली उन चमकों के कारण हो सकता है जो एक-दूसरे में केवल तनिक ही अलग होती हैं, अथवा कुछ दशांश में पट्टाइयों एवं पवना से गजन की प्रतिध्वनि (echo) के कारण होता है।

मध्य अक्षांशों में अधिकांश तड़िज्झझा चक्रवातो के आने के समय पर होते हैं, किन्तु सभी चक्रवातो के समय ऐसे तूफान नहीं रहा करते हैं। अन्य स्थानों की अपेक्षा वे चक्रवातो के दक्षिणी पार्श्वों पर अधिक सामान्य (common) हुआ करते

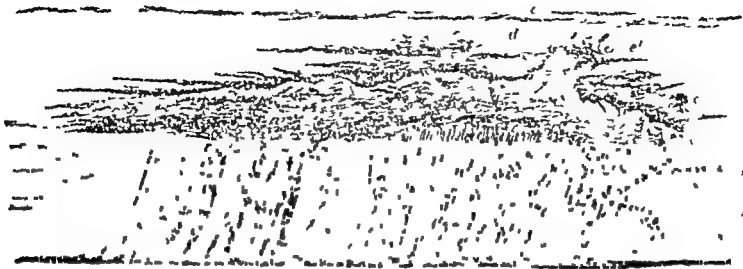


Fig. 568

Vertical section of a thunder-storm which is moving toward the right. (After Koppen)

हैं, और उनमें से अनेक तूफान के केन्द्र से पर्याप्त दूरी पर रहा करते हैं। मध्य अक्षांशों में तड़िज्झझा, चक्रवातो की भाँति, सामान्यतः पश्चिम से पूर्व की ओर बढ़ते हैं, जबकि व्यापारिक पवनो के प्रदेश में वे पूर्व से पश्चिम को बढ़ा करते हैं। दोनों ही दशाओं में वे प्रचलित पवनो के साथ आगे बढ़ते हैं।

अधिकांश तड़िज्झझाओं की आगे बढ़ने की गति प्रति घण्टा २० से ५० मील (३२ से ८० किलोमीटर) तक होती है। आगे बढ़ते समय उनमें से अनेक फैल जाते हैं, और अशक्त हो जाते हैं (चित्र ५७०), और उनमें से कुछ ही नष्ट होने से पहले

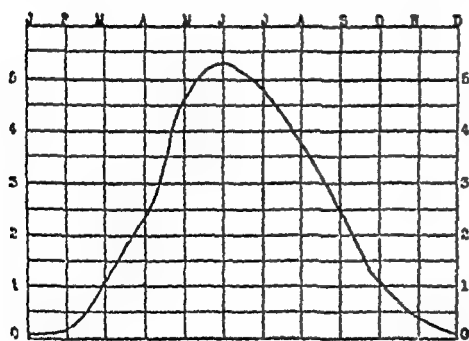


Fig. 569

Graph showing the relative frequency of thunder-storms in Chicago in different months.

(Cox, U. S. Weather Bureau)

लम्बी दूरी तक जाते हैं। किसी तड़िज्झझा की अवधि सामान्यतः उस चक्रवात की अवधि की अपेक्षा बहुत छोटी होती है जिसके साथ यह रहता है।

कभी-कभी ऐसा होता है कि किसी बड़ी दूरी पर विजली एक ऐसे प्रदेश के ऊपर बादलों को प्रकाशित कर देती है जहाँ कि विजली स्वयं नहीं देखी जा सकती है। जहाँ पर मेघ किसी निश्चित स्थान पर से देखने पर उस विजली द्वारा इस प्रकार से प्रकाशित होते हैं जो स्वयं दिखाई नहीं देती हैं

वहाँ पर मेघों की विजली को 'ऊष्मा विजली' (heat lightning) कहते हैं जो विजली का केवल एक प्रतिबिम्ब (reflection) है। अन्य समयों की अपेक्षा वह

उष्ण मौसम में अधिक सामान्य (common) होती है, क्योंकि विजली ऐसे अवसरों पर अधिक सामान्य हुआ करती है।

तटिज्जज्ञाओं के साथ कभी-कभी इन्द्रधनुष भी रहा करते हैं। वे सदैव सूर्य के दूरी और दिशाई पड़ते हैं, और इस कारण प्रातः काल पश्चिम में और दोपहर बाद अथवा शाम को पूर्व में दिखाई देते हैं।



Fig 570

Shape of thunder storm in ground plan, illustrating growth and change as it progresses (After Waldo)

जोड़ा (water spray) के मध्य से भी इन्द्रधनुष उसी तरह दिखाई देता है जैसे किसी विशाल झरने के ऊपर जबकि वर्षा नहीं भी हो रही होती है।

वायु के आवृत (Whirl winds—वायु के भँवर)—गर्मी के दिनों में वायु के ऊपर उठने हुए चक्र प्रायः स्पष्ट दिखाई देते हैं। वे उन प्रदेशों में और भी अधिक अच्छी तरह से देखे जा सकते हैं जो बूलमय होते हैं, क्योंकि वहाँ पर धूल ऊपर को उठ जाती है जिससे वे चक्र भलीभाँति स्पष्ट रूप से दिखाई देने लगते हैं। धूलपूरा सड़का, जुते हुए मैदान आदि स्थानों में वे प्रायः दिखाई देते हैं, किन्तु रेगिस्तानों में तो वे अपने उत्तम से उत्तम रूप में देखे जा सकते हैं। कैलीफोर्निया के मोजाव (Mojave) नामक मरुस्थल में किसी निश्चित स्थान से, इन चक्रों के आठ अथवा दस चक्र तक भी एक ही समय में एक ही स्थान से उठने हुए देखे जा सकते हैं, उनमें से कुछ वास्तव में पर्याप्त स्पष्ट एवं प्रभावशाली होते हैं। सम्भवतः ये पवन चक्र किसी स्थान पर वायु के अत्यधिक गरम हो जाने के कारण उठते हैं, और यह अधिक गर्मी तीव्र सबाहन धाराओं (convection currents) को उत्पन्न करती है। चक्र कुछ समय तक प्रचलित पवन के साथ आगे बढ़ता है, किन्तु शीघ्र ही उससे अलग हो जाता है।

आर्द्र प्रदेशों में ये पवन चक्र साधारणतया किसी अधिक ऊँचाई तक नहीं पहुँच पाते हैं, किन्तु मरुस्थली प्रदेशों में उनमें से अनेक १,००० फुट (३०० मीटर) अथवा अधिक ऊँचाई तक पहुँचते हैं, जैसा कि धूल के चक्कर जाटते हुए स्तम्भों (columns) द्वारा प्रकट होता है। इनका उठाव कभी-कभी तो इतना ऊँचा होता है कि वायु फैल जाती है और इतनी शीतल हो जाती है कि मरुस्थली वायु में स्थित नमी की छोटी मात्रा भी सघनित हो जाती है। उस समय तीव्र बौछारे (showers) भी पड़ सकती है। ऐसी बौछारों के रुकने की अवधि पर्याप्त छोटी होने की सम्भावना रहती है, किन्तु कभी-कभी भारी वर्षा भी हो जाती है। यदि यह वर्षा अपवाद रूप

मे भारी होती है तो वह वृष्टि-स्फोट (cloud bursts) कहलाती है। १८६८ की ग्रीष्म ऋतु में एक ऐसे ही तूफान में कैलीफोर्निया के मोजाव (Mojave) नामक रेगिस्तान में बाग़दाद (Bagdad) के निकट कुछ ही मिनटों में पर्याप्त वर्षा हुई थी जिससे कई मील तक रेल की पटरी के समीप की मिट्टी गम्भीर रूप से बह गयी थी। ६ जून, १९०३ को क्लिफ्टन, एस० सी० (Clifton, S. C.) में एक वृष्टि-स्फोट के कारण पचास से अधिक जीवों की हानि हुई, और लगभग ३५,००,००० डालर की सम्पत्ति का नाश हुआ था।

ववण्डर (Tornadoes)—जब कोई सवाहन द्वारा अति प्रबल होती है किन्तु उसका व्यास अत्यन्त छोटा होता है, तो आवर्त (whirl—भँवर) इतना प्रचण्ड हो जाता है कि उससे महान विध्वंस हो जाता है। इस प्रकार का चक्करदार तूफान (whirling storm) ववण्डर (tornado) कहलाता है। तडिङ्गझाओ (thunderstorms) एवं वातावर्तों (whirl-winds) के समान ही ववण्डर (tornado) भी उष्ण मौसम के दृश्य होते हैं। संयुक्त राज्य में ओष्ण (warm) ऋतु के आरम्भिक भाग में वे सर्वाधिक सामान्य होते हैं। वे आरम्भ में दक्षिण में और बाद में उत्तर में दिखाई देते हैं।

ववण्डर को एक सकेन्द्रित चक्रवात (concentrated cyclone) अथवा एक प्रचण्ड वातावर्त (whirl-wind) समझा जा सकता है। सामान्यतः ववण्डर के केन्द्र में जो दबाव होता है वह चक्रवात के केन्द्र की अपेक्षा पर्याप्त नीचा होता है। किसी शक्तिशाली ववण्डर के केन्द्र का दबाव उसके पास-पड़ोस की अपेक्षा एक चौथाई कम हो सकता है। किसी ववण्डर के विनाशकारी कार्य की एक अवस्था यह है कि इसकी यात्रा में दबाव सामान्य (normal) मात्रा से कम हो सकता है, अर्थात् १४७ पौण्ड प्रति वर्ग इंच, अथवा २,११७ पौण्ड प्रति वर्ग फुट के स्थान पर इसका तीन-चौथाई अर्थात् ११ पौण्ड प्रति वर्ग इंच अथवा १,५८४ पौण्ड प्रति वर्ग फुट हो सकता है। यदि ऐसा कोई ववण्डर किसी बन्द मकान के ऊपर से होकर गुजरता है जिसमें वायु का दबाव सामान्य (normal) होता है (२,११७ पौण्ड प्रति वर्ग फुट), तो बाहर का दबाव १,५८४ पौण्ड हो जाता है। अतएव भवन की दीवारें प्रति वर्ग फुट ५३३ पौण्ड की शक्ति के साथ बाहर को धकेली जाती हैं, और जब तक कि वे अति दृढ़ न हों, वे बाहर की ओर को ढह जाएँगी और ऐसा लगेगा मानो भवन का विस्फोट हुआ है। यह हो सकता है कि भवन का कोई दुर्बलतम (weakest) भाग, जैसे कोई खिडकी, गिर जाए।

केन्द्र पर केवल दाब ही कम नहीं होता है, वरन् निम्न दाब का क्षेत्रफल भी बहुत छोटा होता है। जब कोई चक्रवात आरपार १,००० मील (३०० मीटर) अथवा अधिक हो सकता है, तब कोई ववण्डर एक मील के आठवें भाग से अधिक आरपार नहीं हो सकता है अथवा इससे भी कम हो सकता है। परिणाम यह होता है कि किसी ववण्डर में दाब की प्रवणता (gradient) किसी चक्रवात के दाब की प्रवणता की अपेक्षा अत्यधिक ऊँची होती है और पवने प्रचण्ड होती हैं। उनके वेग,

जिनका अनुमान स्थानांतरित पदार्थों के आकार एवं भार द्वारा किया जाता है, विरली अवस्थाओं में, प्रति घण्टा ४०० या ५०० मील (६४० या ८०० किलोमीटर) तक पहुँचे हुए माने गये हैं। इस वेग के कारण अथवा इससे बहुत कम वेग के साथ भी महाविनाश होता है। वृक्ष उखड़ जाते हैं, भवनों की छतें उड़ जाती हैं अथवा बँट जाते हैं, और पुल अपने आधारों से फँके दिये जाते हैं।

एक कीप (funnel) के आकार का मय किसी ववण्डर के आने की सूचना



Fig 571

Funnel shaped cloud of a tornado
Solomon, Kan (U S Weather
Bureau)

देता है (चित्र ५७१) जिसका बिंदु पृथ्वी में बहुत ऊपर हाँस सकता है। जब कीप जागे वा बढता है तो इसका निचला सिरा उठ अथवा गिर सकता है। जब कीप इस प्रकार नीचे जाता है कि वह पृथ्वी के निकट आ जाए अथवा उसकी छत लगे, तो ववण्डर विशेष रूप से विनाशकारी हो उठता है। बादल की उत्पत्ति प्रधानतः प्रबल मवाहन धारा में स्थित नमी के संचयन के कारण होती है, और कीप का आकार उठनी हुई वायु के फैलाव एवं प्रसार के कारण होता है।

ममस्त तूफानों में ववण्डर अधिक तम विनाशकारी होता है, किन्तु इसका माग संकुचित रहता है, और

साधारणतया बहुत बड़ी दूरी तक विनाश नहीं करता है। सामान्यतः यह एक छोटी सी यात्रा के बाद ही समाप्त हो जाता है, अथवा इतना ऊँचा उठ जाता है कि वह विनाश नहीं कर पाता है।

२७ मई, १८९६ का सेंट लुइस में एक ऐसा विध्वंसकारी (destructive) ववण्डर आया था जो अधिक प्रचण्ड (violent) नहीं था। सेंट लुइस (St Louis) के उत्तर-पश्चिम में कुछ दूरी पर एक केन्द्रीय चक्रवाती क्षेत्र के दक्षिण-पूर्वी भाग में यह तटिज्जसा की एक घटना थी।

सेंट लुइस की आद्रता विशेष रूप में ऊँची थी, लगभग ९८। दोपहर को सेंट लुइस का वायुदाब २९.८७, तापमान ८०° फा० और वायु का वेग १२ मील (लगभग २० किलोमीटर) प्रति घण्टा था। १४.२ बजे तक तापमान ८६° तक पहुँच गया था। दो बजे वायुदाबमापी शीघ्रता से नीचे गिरने लगा और ६ बजे शाम तक दाब २९.५९ तक गिर गया था। उसी बीच में पवन स्थानांतरित (shifting) हो उठी, और ६ बजे से कुछ ही पहले प्रति घण्टा ४५ मील (७२ किलोमीटर) का वेग प्राप्त कर चुका थी, और ६ बजे तक तापमान ७७° तक गिर गया था।

दोपहर के आरम्भिक भाग में कपासी मेघ (cumulus clouds) पर्याप्त मात्रा में थे, किन्तु ४.३० बजे तक वे स्तरि मेघ (stratus clouds) के रूप में स्थिर हो गये थे। ५ बजे के पश्चात् शीघ्र ही विजली की चमक और गडगड़ाहट होने लगी और ५.४३ पर वर्षा आरम्भ हो गयी।

६.०४ पर पवन की प्रचण्डता में एक स्पष्ट वृद्धि हुई और पवन की दिशा शीघ्रता से बदल गयी। वायु का दबाव २६.६७ तक ऊपर बढ़ गया, किन्तु प्रायः तुरन्त ही २६.५७ तक नीचे गिर गया; फिर पाँच मिनट से कम समय में ही २६.६७ तक ऊँचा उठ गया, फिर १५ मिनट के भीतर ही ३१ इंच गिर कर २६.३६ तक आ गया, और फिर प्रायः तुरन्त ही २६.७६ तक ऊपर बढ़ गया। वायुदाब के ये तीव्र उतार-चढ़ाव १० बजे रात तक होते रहे। वायु ने सम्भवतः दिशा एवं वेग में अनेक तीव्र परिवर्तनों के साथ ६.१८ बजे प्रति घण्टा १२० मील (१६२ किलोमीटर) का अधिकतम वेग ग्रहण कर लिया। तूफान के साथ की वर्षा अत्यधिक भारी थी, और २.३ इंच में अधिक हुई। विद्युत् भी तेजी के साथ चमकी।

संध्या के लगभग ६.१० बजे विनाश आरम्भ हुआ और कई मिनट तक चलता रहा। तूफान के आगे बढ़ने की गति लगभग ३६ मील (लगभग ५८ किलोमीटर) प्रति घण्टा थी। तूफान जहाँ जहर के भीतर घुसा था, वहाँ विनाश की पटी की चौड़ाई लगभग २ मीटर (१.३ मील) थी, किन्तु आगे बढ़ने पर यह लगभग १.३ किलोमीटर (एक मील) से कम तक सीमित हो गया था।

इस तूफान की एक अमामान्य विशेषता की घटना यह थी कि इसका आधार तल से लगभग ६ मीटर (३० फुट) ऊपर था। इस स्तर पर वृक्ष मुड़ गये थे, और भवनों का अधिकांश विनाश प्रथम मंजिल से ऊपर ही हुआ था। तूफान के पश्चात् महान ऊष्मा के सबूत दिखाई दिये थे, जैसा कि जली हुई शाखों और टहनियों से प्रकट था। यह एक ऐसा प्राकृतिक दृश्य था जो कुछ अन्य ववण्डरों में भी देखा गया है।

अन्य ववण्डरों की ही भाँति, पवन ने भी अनेक विचित्र खेल दिवाये थे। दीवारों में जहाँ कहीं इकट्ठे पत्थर और ईंटें थी, वे पवन द्वारा निकाल ली गयीं और दीवारें खड़ी रह गयीं। एक दशा में तो ऐसा हुआ कि एक लदी हुई गाड़ी में जुते हुए घोड़ों की जोड़ी उड़ गयी किन्तु गाड़ी उलटी नहीं हुई। पूर्वी सैण्ट लुइस में इस तूफान की प्रचण्डता का सबसे अधिक असाधारण उदाहरण का लेखा किया गया था। वहाँ पर एक पुल के प्रवेश मार्ग पर २" × ८" का एक तख्ता "एक फीलाड (steel—इस्यात) के एक गर्डर में इस वेग के साथ घुस गया था कि इसने जाली (webbing) में एक छेद कर दिया और गर्डर में चिपका रह गया।" सैण्ट लुइस में और उसके आसपास सम्पत्ति के विनाश का अनुमान लगभग १,३०,००,००० डालर तक लगाया गया था।

इस तूफान की व्याख्या में कहा गया था कि "सामान्य तूफान के मार्ग में विभिन्न स्थानों पर एक के बाद दूसरे स्थान पर तूफानी क्रिया आरम्भ हो गयी थी।"

सामान्य तूफान एक तडिङ्गवा या जो तडिङ्गवाजो क वग मे आता है "जो दक्षिण पूर्वी दिशा मे चौड भाग पर जाग को बढ़ते है ।"

२७ मार्च, १८६० की सध्या को नौ बजे से ठीक पहले लुइसविले (Louis ville) में एक अनि प्रचण्ड बवण्डर आया था । इसकी आगे बढ़ने की गति प्रति घण्टा लगभग ६४ किलोमीटर (४० मील) थी, किन्तु इसका व्यास इतना छोटा, लगभग २७० मीटर (६०० फुट), था कि किसी स्थान को पार करने में तूफान को एक मिनट का केवल तीन चौथाई भाग ही प्राय लगता था । इसके साथ 'एक अनि भयानक विजली' चमकी थी । अनेक कमजोर मकान टूट-फूट गये और दीवारें तूफान के केन्द्र की ओर गिर पड़ी थी । ७६ व्यक्ति मर गये, और अकेले लुइसविले में ही लगभग २०० व्यक्ति घायल हुए थे, और सम्पत्ति की हानि का अनुमान लगभग २५,००,००० डॉलर था ।

तूफान के मार्ग का पता १२० किलोमीटर (७५ मील) तक लगा था, और इस समस्त दूरी में इसकी चौड़ाई लगभग समान थी । उम्मी रात में केंटकी (Kentucky) में कम से कम ५ बवण्डर आय थे ।

जल-बवण्डर (Water spouts)—वास्तव में सागर की छाती पर चलने वाले बवण्डरों को जल बवण्डर कहते हैं । जब ऊपर की चलने वाली टढ़ी मढ़ी गति का आधार इतना नीचे पहुँच जाता है कि वह जल के तल को छूने लग जाता है तो ऊपर की उठनी हुई वायु-धारा द्वारा सागर का जल कुछ छोट विस्तार तक ऊपर का खींचा जा सकता है । उस समय आबत (whirl) के केन्द्र में कम वायुमण्डलीय दाब उस स्थान पर कुछ सीमा तक जल को ऊँचा कर देगा और ऊपर की चलने वाली वायु धारा उसका पकड़कर ऊपर ले जा सकती है । परन्तु किसी जल बवण्डर में जल का विशाल भाग सागर से जन के उठाने के कारण नहीं होता, बल्कि वायु में स्थित जल वाष्प के सघनन के कारण होता है ।

फॉन, चिनुक आदि पवनें (Foehn winds, Chinook winds, etc.)—जब ओष्ण आद्र वायु (warm moist air) पर्वत के ऊपर जान के लिए बाध्य होती है तो उसकी आद्रता के कुछ भाग का अवक्षेपण हो जाता है । अवक्षेपण के कारण उसकी गरमी निकल जाती है । इस कारण वायु को जितना शीतल होना चाहिए था उसकी अपेक्षा वह बहुत कम शीतल हो पाती है । पर्वत के शिखर के उपरान्त वायु नीचे की उतरती है और इस क्रिया में गरम हो जाती है । चढ़ाव में वह जितनी शीतल होती है, उतार में चढ़ाव की अपेक्षा अनि गरम हो जाती है (लगभग दो गुनी अधिक) क्योंकि उतार के समय आद्रता सघनित नहीं होती है । अतः यह एक गरम पवन के रूप में नीचे उतर सकती है । इस प्रकार की पवना को स्विटजरलैण्ड में फॉन पवन और संयुक्त राज्य में, विशेषतः राकी पर्वत के ठीक पूर्व में चिनुक पवन कहते हैं ।

य पवनें परिस्थितियों के अनुसार लाभप्रद अथवा हानिप्रद होती हैं । उदाहरण के लिए, चिनुक पवनें संयुक्त राज्य के उत्तर-पश्चिमी राज्या और पर्वत के पूर्व कनाडा के प्रान्तों के कृषि भागों के विचारात् जाड़ा को उग्र रूप धारण नहीं

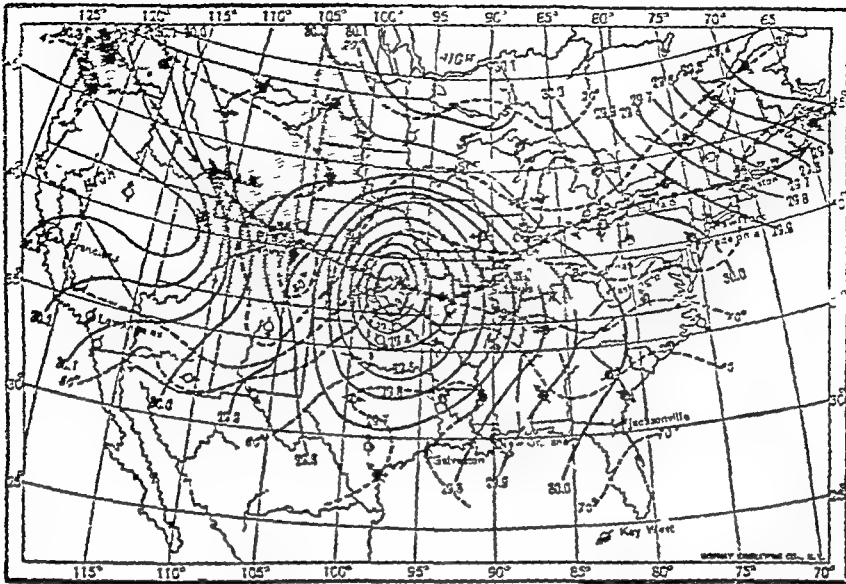


Fig. 572

Weather map for the morning of the day (March 27, 1890) of the Louisville tornado. (U. S. Weather Bureau)

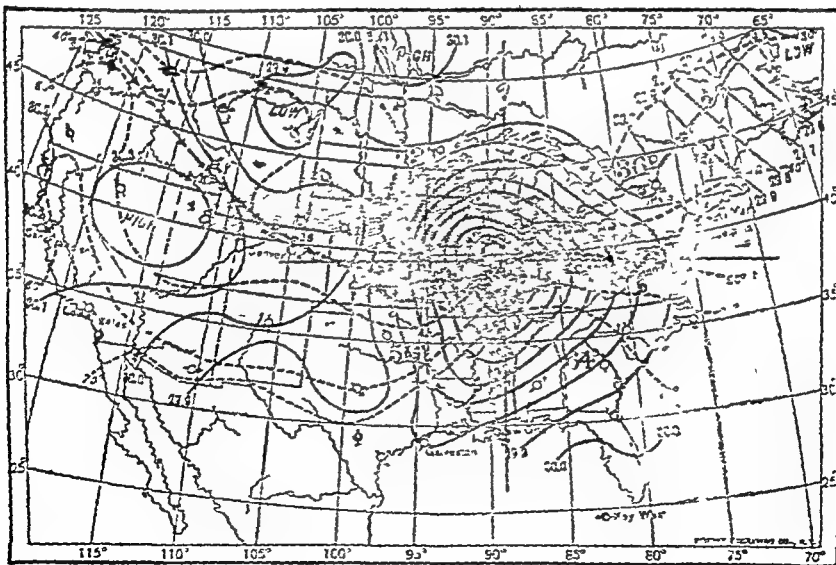


Fig. 573

Weather map for the evening of March 27, 1890, at the time of the Louisville tornado. The tornado was an incident of the cyclone shown on the map. (U. S. Weather Bureau)

करन देती है। व कुछ ही घण्टों में लगभग ३ मीटर (एक फुट) अथवा अधिक हिम का वाष्पीकरण कर देती है। इस प्रकार की पवने कभी-कभी 'हिम भक्षी' (snow

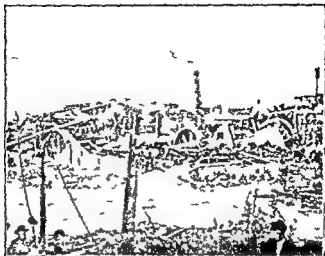


Fig 574

Wreckage of the Union Station Power house at St. Louis May 27 1896 (U S Weather Bureau)



Fig 575

Trees twisted off by tornadoic winds (U S Weather Bureau)



Fig 576

Straws driven into dry wood by tornadoic winds (U S Weather Bureau)

eatars) कहलानी है। इन पवना के कारण जाट की ऋतु में विशाल क्षेत्रों पर पशुओं की चराई सम्भव होती है। जलवर्षा में चिनुक के विषय में कहा गया है कि "चिनुक" सामान्यतः जलवायु का एक महान विशेषता है जिस पर मौसम निर्भर

हुआ करता है।" कभी-कभी ये पवनें अत्यन्त अचानक रूप से विकसित हो जाती हैं। १६ जनवरी, १८६२ को, फोर्ट ऐसीनीबोइन (Fort Assiniboine) मौण्टाना में चिनुक पवन के प्रभाव से १५ मिनट में ही तापमान 43° फा० बढ़ गया, और -5.5° से 37.5° हो गया। अन्य परिस्थितियों में तापमान ६ अथवा ८ घण्टों में 20° फा० की वृद्धि दिखाना हुआ पाया गया है। ग्रीष्म ऋतु की चिनुक पवनें कभी-कभी इतनी शुष्क एवं गरम होती हैं कि वे वनस्पति को झुलसा देती हैं, और कभी-कभी फसलों को पूर्णतया नष्ट कर डालती हैं। ऐसा केवल ममय ही होता है जबकि भूमि शुष्क हो और इस कारण पौधों को आवश्यक प्रदान करने में असमर्थ हो।

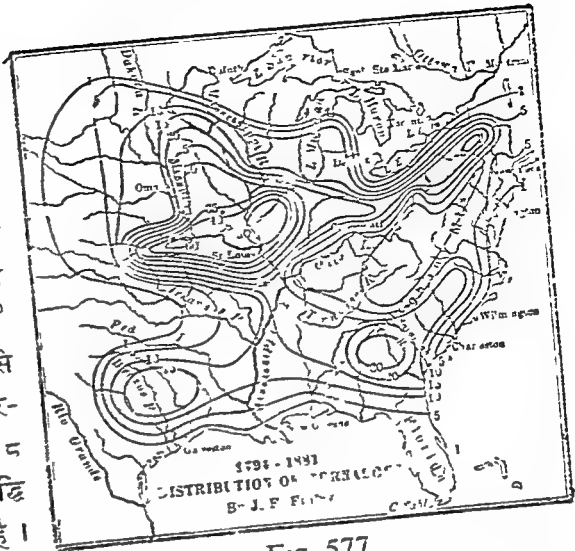


Fig. 577
Distribution of tornadoes in the United States, 1794-1881.

हैं कि वे वनस्पति को झुलसा देती हैं, और कभी-कभी फसलों को पूर्णतया नष्ट कर डालती हैं। ऐसा केवल ममय ही होता है जबकि भूमि शुष्क हो और इस कारण पौधों को आवश्यक प्रदान करने में असमर्थ हो।

जलवायु^१ (CLIMATE)

पिछले विवरणों में जलवायु में सम्बन्धित तापमान, बर्षा, पवनें और मौसम के बारे में पर्याप्त कहा जा चुका है, अथवा उन विवरणों में जलवायु में सम्बन्धित प्रत्येक तथ्या का वर्णन हो चुका है। यहाँ पर केवल संक्षेप में ही उनमें से कतिपय उन मुख्य-मुख्य बातों को जो पृथ्वी के प्रान्त कटिबंधों पर लागू होती हैं सांगने के रूप में उपस्थित किया जा रहा है।

परिभाषा (Definition)—मौसम की पर्याप्त अवधि के लिए मौसम दशाओं के औसत क्रम को जलवायु कहा जाता है। किसी स्थान की गरमी की जलवायु को वहाँ के जनक ग्रोम मौसमी द्वारा दिखाया जाता है किसी एक मौसम द्वारा नहीं। इसी प्रकार में पनसट जयवा मिमिग अथवा वसन्त की जलवायु को भी दिखाया जाता है। १० वर्षों के मौसम की औसत दशा किसी स्थान की सही जलवायु का कुछ अन्दाज दे सकती है, २५ वर्षों की औसत सही जलवायु के आभग समीप तक अन्दाज दे सकती, और ५० अथवा १०० वर्षों की औसत और भी अच्छा अन्दाज बना सकते हैं समय होती है।

जलवायु की अन्य परिभाषा में कहा गया है मौसमी अवस्थाओं का वह समस्त योग जो जीव और वनस्पति जीवन को प्रभावित करता है उस स्थान की जलवायु कहलाती है। (Hann) जलवायु का इस धारणा के अनुसार के सभी मौसमी तत्व जो जीवन पर अधिकतम प्रभाव डालते हैं जलवायु में परिचयन महत्वपूर्ण होते हैं।

जलवायु के दो प्रान्त तत्व हैं (१) तापमान और (२) आद्रता। आद्रता में (ज) सापेक्ष आद्रता (आ) निष्पन्न आद्रता (absolute humidity), (इ) मेघता अथवा बादलों की मात्रा (degree of cloudiness), और (ई) अवस्था और हैं। जलवायु का वर्णन और जयवा शीत (warm or cold), शुष्क अथवा आर्द्र (dry or moist) के रूप में किया जा सकता है। सामान्य भाषा में जलवायु के अन्य तत्वों की प्रायः अवहटना कर ली जाती है किन्तु (३) पवन को नहीं भुलाया जा सकता है।

^१ See De Ward, *Pop Sci Mo*, March 1910

किमी प्रदेश की जलवायु की विशेषताओं को निश्चित करते समय एक वर्ष और अनेक ऋतुओं के औसत तापमान का ही केवल विचार नहीं किया जाता है. वरन् अपवादस्वरूप ऋतुओं (exceptional seasons) के तापमानों और ऋतु की सीमा के भीतर के तापमानों की चरम अवस्थाओं (extremes) का भी विचार किया जाता है। इन चरम अवस्थाओं का विचार केवल इसलिए ही नहीं किया जाता है कि वे औसतों को प्रभावित करती हैं, बल्कि इसलिए भी किया जाता है कि इसमें उनके स्वरूप के बारे में भी पता चल जाता है। तापमान के विषय में अन्य महत्वपूर्ण तथ्य वसन्त में अन्तिम तुफानों की निशियों और पतझड़ में प्रथम तुफानों की निशियों में सम्बन्धित हैं, क्योंकि ये दोनों निशियाँ बढ़ती हुई ऋतु की अवधि निश्चित करती हैं। निरपेक्ष तापमान (absolute temperature) के अनिश्चित ज्ञेय तापमान (sensible temperature—वह तापमान जिसका अनुभव किया जा सके) भी जलवायु का एक अंग होता है। ऐसी आर्द्र वायु जिसकी ऊष्मा के अंग निश्चित हों, उसी तापमान की शुष्क वायु की अपेक्षा उस समय अधिक ओष्णतर (warmer) प्रतीत होती है जबकि तापमान उच्च होता है, और उस समय अधिक शीतलतर (colder) होती है जबकि तापमान नीचा होता है। जहाँ पर आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) ऊँची होती है वहाँ लू (sun strokes) उस स्थान की अपेक्षा अत्यधिक सामान्य होती है जहाँ पर आर्द्रता नीची (कम) होती है। उदाहरण के लिए, शुष्क-नग्नमी संयुक्त राज्य में लू नहीं चल पाती है, चाहे वहाँ के तापमान सिकागो और न्यूयार्क के तापमानों की अपेक्षा पर्याप्त ऊँचे ही क्यों न हों। जब एक निश्चित तापमान की वायु चलती है तो वह गन्त समय की अपेक्षा अधिक शीतल होती है।

इसी प्रकार, जलवायु में वाष्पिक अवक्षेपण की औसत मात्रा के विचार के साथ-साथ एक वर्ष में दूसरे वर्ष और एक ऋतु में दूसरी ऋतु में होने वाले अनेक प्रकार के अवक्षेपणों, वर्षापतन उनके औसत वितरण, इस औसत में विचलनों (departures), और उन अनुपातों का जो क्रमशः वर्षा एवं शीत के गिरने में उत्पन्न होते हैं, भी विचार किया जाता है। किमी स्थान की जलवायु वायुपूर्ण (windy) हो सकती है, किन्तु ऐसा पर्याप्त क्षेत्र कहीं भी नहीं है जहाँ वायु सर्वदा बहती हो। वर्ष भर के पवन के चित्रण का विचार उसी प्रकार से किया जाएगा, जिस प्रकार में तापमान और अवक्षेपण के वितरण का किया जाता है।

एकहयता और विभिन्नता (Uniformity and variability)—यदि तापान्तर छोड़ा जाता है तो अवक्षेपण का वितरण कुछ-कुछ समान होता है, और यदि पवन, दिशा एवं शक्ति में उचित रूप में स्थायी होती है तो जलवायु सम (uniform—एकसी) होती है। इसके विपरीत, यदि इन जलवायु के तत्वों में सहान्तर परिवर्तन होते हैं तो जलवायु परिवर्तनशील (variable) कहलाती है; ये परिवर्तन एक वर्ष के या कमिक अनेक वर्षों के भी हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, संयुक्त राज्य में मध्य एवं उत्तरी अक्षांशों में जलवायु परिवर्तनशील है,

क्याकि (१) वार्षिक तापमान का अन्तर अधिक है, (२) एक वर्ष में दूसरे वर्ष अन्तर में पर्याप्त विभेद होता है, (३) भिन्न भिन्न ऋतुओं में तापमान भिन्न भिन्न होता है, (४) तापमान के परिवर्तन भयानक हो सकते हैं, और (५) वर्षा की मात्रा और वितरण स्पष्ट रूप से और अनियमित ढंग से एक वर्ष से दूसरे वर्ष, और एक ऋतु में दूसरी ऋतु में परिवर्तित होते हैं। मौसम की भविष्यवाणियों को महत्व प्रदान करने वाली मौसम की यही विभिन्नता ही हुआ करती है, और परिवर्तनशील मौसम परिवर्तनशील जलवायु को जन्म दिया करता है।

कोई परिवर्तनशील जलवायु विभिन्न प्रकारों से विभिन्न होती है। कोई जलवायु जो नियमित रूप से एक ऋतु में शुष्क और दूसरी ऋतु में आर्द्र होती है, अवक्षेपण के अनुसार एक वर्ष के लिए चाह तापांतर अधिक न भी हो, परिवर्तनशील होती है, परन्तु ऐसे प्रदेश की जलवायु वर्षा-प्रति-वर्ष अति स्थायी हो सकती है। इस प्रकार की जलवायु भूमध्यरेखीय प्रशान्त-मण्डला (equatorial calms) के बिनाग पर पायी जाती है, जो मूल के स्पष्ट स्थानान्तरण के साथ कुछ उत्तर एवं दक्षिण के स्थानान्तरित होते रहते हैं। अतः प्रशान्त कटिबन्ध (calm zone) के प्रत्येक बिन्दु पर एक सर्वांगीण पट्टी एकांतर रूप से (alternately) प्रशान्त-मण्डला और व्यापारिक पवना के प्रदेश में रहती है। पहली दशा में इसमें प्रचुर वर्षा होती है और द्वितीय में यह साधारणतया शुष्क रहती है।

कोई प्रदेश जो वर्ष के एक अवसर पर उष्ण रहता है और दूसरे पर शीतल, तापमान के प्रसंग में वर्ष के भीतर परिवर्तनशील कहलाता है। ऐसे प्रदेशों में भी एक जाड़ा अथवा ग्रीष्म अंग्रे की अपेक्षा बहुत अधिक शीतल अथवा ओष्णतर हो सकता है, और एक ऋतु में दूसरी ऋतु की अपेक्षा एक वर्ष से दूसरे वर्ष परिवर्तन पैदा कर सकता है। कोई जलवायु जो तापमान के प्रसंग में परिवर्तनशील है, आर्द्रता के प्रसंग में अनिवार्य रूप से परिवर्तनशील नहीं भी होती है। परन्तु सामान्यतः तापमान और आर्द्रता में परिवर्तन साथ ही साथ हुआ करते हैं।

कुछ प्रदेशों में पवने एक ऋतु से दूसरी ऋतु में नियमित रूप से स्थानान्तरित होती हैं जैसे कि मानसूनी प्रदेशों में। ऐसे स्थानों की कई जलवायु पवन के प्रसंग में वर्ष के भीतर परिवर्तनशील होती है और इस कारण में वे (जलवायु) जलवायु के कुछ अन्य तत्त्वों के प्रसंग में भी परिवर्तनशील हो जाती हैं। वर्षा-प्रति-वर्ष के विचार से ऐसे प्रदेशों की जलवायु सम हो सकती है। यह उदाहरण यह दिखाने के लिए प्रयोज्य है कि 'परिवर्तनशील जलवायु' का अर्थ स्वयं ही परिवर्तनशील है।

जलवायु का वर्गीकरण

(Classification of Climates)

अनेक अन्य शीर्षकों (topics—विषया) की ही भांति जलवायु का वर्गीकरण भी विभिन्न प्रकार से किया जा सकता है, और प्रत्येक बार किसी महत्वपूर्ण तथ्य पर बल देना महत्वपूर्ण रहता है। एक वर्गीकरण का सुझाव तो पहले ही दिया जा

चुका है, अर्थात् सम और परिवर्तनशील। एक दूसरा वर्गीकरण प्रधानतया सूर्य से प्राप्त गरमी की मात्रा से सम्बन्धित होता है। इस आधार पर पृथ्वी पर जलवायु का वितरण जलवायु के कटिबन्धों के रूप में हुआ है जिनकी सीमाएँ समानान्तर हैं। सूर्य से प्राप्त गरमी पर आधारित जलवायु के कटिबन्ध सौर जलवायु (Solar climate) को प्रकट करते हैं। सौर जलवायु सूर्य से प्राप्त गरमी के अतिरिक्त विभिन्न कारकों द्वारा इतनी अधिक बदल दी जाती है कि उसके लिए समानान्तरो (अक्षांशों) की अपेक्षा अन्य रेखाओं द्वारा घिरी हुई जलवायु के कटिबन्धों का सुझाव देना पड़ता है। तापमान के ऊपर स्थल और जल के प्रभाव को पहले ही देखा जा चुका है। यह प्रभाव इतना महत्त्वपूर्ण है कि जलवायु का वर्गीकरण महासागरीय (oceanic) एवं महाद्वीपीय (continental) में भी किया जाता है और महाद्वीपीय जलवायु बाद में इन आधारों पर विभाजित की जाती है : (१) समुद्र से दूरी, (२) ऊँचाई, और (३) स्थलाकृतिक (topographic) सम्बन्ध। इन वर्गीकरणों के अधिकांश में तापमान एक नियन्त्रक तत्त्व (controlling element) है।

जलवायु के कटिबन्ध (Climatic Zones)

जलवायु के आधार पर पृथ्वी कतिपय कटिबन्धों में बँटी हुई है। सामान्यतः स्वीकृत कटिबन्ध निम्न हैं - (१) उष्णकटिबन्ध, जो भूमध्यरेखा के आसपास केन्द्रित है, (२) मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्ध, जो उष्णकटिबन्ध के बाहरी अक्षांशों में स्थित है, और (३) ध्रुवीय कटिबन्ध, जो ध्रुवों के आसपास स्थित है। इन कटिबन्धों की सीमाओं की परिभाषाएँ विभिन्न प्रकार से की गयी हैं। एक वर्ग में उनकी परिभाषा अक्षांशों द्वारा, दूसरे में पवन की दिशा और तीसरे में तापमान द्वारा व्यक्त की जाती है।

अक्षांश द्वारा कटिबन्धों का स्पष्टीकरण (Zones defined by latitudes)— अक्षांश द्वारा स्पष्टीकरण करने पर उष्णकटिबन्ध भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर कर्क और मकर-रेखाओं द्वारा सीमित है, और ध्रुवीय कटिबन्ध ध्रुवों से भूमध्यरेखा की ओर क्रमशः आर्कटिक और अण्टार्कटिक वृत्तों द्वारा सीमित है, जबकि मध्यवर्ती कटिबन्ध एक ओर उष्णकटिबन्ध से और दूसरी ओर ध्रुवीय कटिबन्धों से घिरे हैं। अन्य शब्दों में यह कहा जा सकता है कि उष्णकटिबन्ध इस वर्गीकरण के अनुसार वह कटिबन्ध है जहाँ (१) वर्ष के भीतर किसी समय पर सूर्य ऊर्ध्वाधर रहता है (अर्थात् रेखाओं के अतिरिक्त, वर्ष में दो बार); (२) दिन और रात की लम्बाई के अन्तर सापेक्षिक रूप से (relatively) कम है; (३) सूर्य से प्राप्त होने वाली वार्षिक गरमी अपेक्षाकृत पर्याप्त महान होती है, और औसत तापमान ऊँचा रहता है, (४) वार्षिक सूर्यताप का अन्तर अल्प होता है, और उसके परिणाम-स्वरूप (५) वार्षिक तापमान का अन्तर अधिक नहीं होता है।

इस कटिबन्ध की सूर्य की बड़ी गरमी सूर्य की किरणों के कम तिरछेपन द्वारा स्पष्ट की जा सकती है। भूमध्यरेखा पर सूर्य की किरणें दोपहर को उदग्नता

(verticality) से अधिकतम लगभग $22\frac{1}{2}^{\circ}$ विचलित (departed) होती हैं, अतः रेखाया पर के उदयनता से अधिक से अधिक लगभग 43° विचलित होती हैं, और मध्यवर्ती अक्षांशों पर मध्यवर्ती मात्रा या द्वारा विचलित रहती है। सूर्य की किरणों का औसत युक्तव लगभग 41° है। अतः सूर्य की किरणें उष्णकटिबंध में मध्यवर्ती कटिबंध की अपेक्षा उदयनता से बहुत ही कम विचलित होती हैं। इस कटिबंध में अन्य तापमान का अन्तर दो तथ्या द्वारा स्पष्ट किया जाता है, अथवा (अ) उष्ण कटिबंध के भीतर दिन और रात कभी भी समान नहीं होते हैं (चित्र ४७१), और (ब) वष में सूर्य की किरणों के कोण में परिवर्तन अथवा स्थानों की अपेक्षा कम है।

मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबंध के कटिबंध हैं जहाँ (१) सूर्य की किरणें कभी भी उदयन (vertical) नहीं होती हैं, (२) दिन और रात पर्याप्त असमान होते हैं, प्रत्येक (दिन एवं रात), वर्ष भर में भूमध्यरेखा की ओर की सीमा पर लगभग $10\frac{1}{2}$ घण्टा तक के, और ध्रुवों की सीमा की ओर पर लगभग 24 घण्टा तक के होते हैं, किंतु इस कटिबंध में सूर्य लगभग चौबीस घण्टा तक क्षितिज के ऊपर कभी भी दिखाई नहीं देता है (३) वार्षिक सूर्य में प्राप्त गरमी की मात्रा कम होती है, और (४) वार्षिक सूर्य प्राप्त गरमी का वार्षिक अन्तर (range) अथवा के नीचे की अपेक्षा अधिक होता है।

ध्रुवीय कटिबंध के कटिबंध हैं जहाँ (१) कभी कभी दिन और रात की गहराई चौबीस घण्टा में भी अत्रि होती है, (२) वार्षिक सूर्यताप कम से कम होता है, और (३) और सूर्यताप का अन्तर अधिकतम होता है।

कटिबंधों की इस परिभाषा के अनुसार उष्णकटिबंध लगभग 43° , प्रत्येक समशीतोष्ण कटिबंध 43° के लगभग और ध्रुवीय कटिबंधों में से प्रत्येक लगभग $23\frac{1}{2}^{\circ}$ चौड़ा है।

इस वर्गीकरण में सरलता का गुण है, और इसका एक निश्चित ज्योतिषीय (astronomical) आधार है, किंतु इस प्रकार से माने गये कटिबंधों की सीमाएँ प्रत्यक्ष स्थान पर एक प्रकार की जलवायु को दूसरी से भिन्न नहीं करती हैं। वास्तविक जलवायु एवं उन वस्तुओं पर जिनको जलवायु प्रभावित करती है, इस वर्गीकरण को लागू किया जाने पर बिदिन होता है कि यह विभाजन मनमाना (arbitrary) है। जैसे कि वह एक मकर के समीप मध्यवर्ती कटिबंधों के उस भाग की जलवायु अनिवार्य रूप से उष्णकटिबंध की जलवायु व समान होती है और मध्यवर्ती कटिबंध के उस भाग की जलवायु जो ध्रुवीय कटिबंध के समीप है ध्रुवीय कटिबंध की जलवायु से बहुत भिन्न नहीं है। इस आधार पर किसी मध्यवर्ती कटिबंध के निम्नतम और उच्चतम अक्षांशों के बीच मिलने वाली जलवायु में किसी मध्यवर्ती कटिबंध के निम्नतम अक्षांशों और उष्णकटिबंध के उच्चतम अक्षांशों की जलवायु अथवा मध्यवर्ती कटिबंध के उच्चतम अक्षांशों और ध्रुवीय कटिबंधों के निम्नतम अक्षांशों की जलवायु की अपेक्षा कहीं अधिक अन्तर होता है।

(warmest) महीने के लिए 50° फा० की गमताप रेखाएँ होनी है (चित्र ५७८) । इस आधार पर उष्णकटिबंध महामागरी के पूर्वी ओर संकुचित (narrowed)

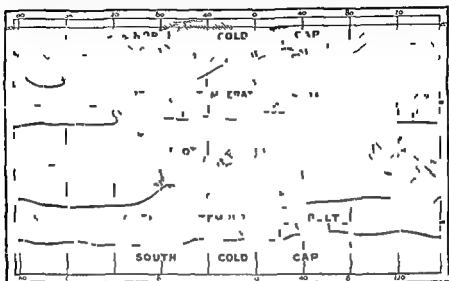


Fig 578

Temperature zones Degrees Fahr (After Supan)

हो जाता है और पश्चिमी ओर चौड़ा हो जाता है, ऐसी दशा स्थल के प्रभाव के परिणामस्वरूप उत्पन्न होती है ।

सामान्यतः जलवायु के कटिबंधों की परिभाषा के लिए यह एक पर्याप्त सन्तुष्टिजनक आधार प्रतीत होता है, यद्यपि इसमें प्रथम परिभाषा के आधार की गणित की सरलता एवं शुद्धता का अभाव है, और द्वितीय के आधार द्वारा स्वीकृत जलवायु के कुछ भिन्न तत्वों का विचार करने में यह असफल है ।^१

जलवायु के प्रत्येक कटिबंध में कम से कम दो प्रधान उपविभाग हैं, एक महाद्वीपीय (continental) और दूसरा महासागरीय (oceanic) । किसी कटिबंध की महासागरीय जलवायु कहा पायी जाती है जहाँ जल के विस्तृत क्षेत्र हैं और अल्प स्थानों पर महाद्वीपीय जलवायु प्रमुख होती है ।

महासागरीय जलवायु (Oceanic climate)—तापमान के सम्बन्ध में महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा महासागरीय जलवायु कम परिवर्तनशील होती

^१ यहाँ पर विचार किये गए आधारों पर जलवायु के वर्गीकरण का Ward द्वारा Bull Geog Soc of Am, १९०६, पृष्ठ ४०१ पर सुन्दर विवेचन किया गया है ।

हैं। 0° और 40° के अक्षांशों के बीच दैनिक तापमान का अंतर समुद्र के अंदर केवल 2° से 3° तक ही होता है। स्थल पर यह अत्यधिक होता है। समुद्र के अंदर वार्षिक तापमान का अंतर भी स्थल की अपेक्षा बहुत कम होता है। इस तथ्य को चित्र ५७६ द्वारा दिखाया गया है।

मैडैरा (Madeira) के द्वीप पर बर्फ *M* और एजिया माइनर में बगदाद (Bagdad) पर बर्फ *Bd* वार्षिक निक्षेपों को प्रकट करते हैं। पहला बर्फ एक समुद्री और दूसरा बर्फ एक महाद्वीपीय जलवायु को दिखाता है। उच्च अक्षांशों में अंतर और भी अधिक बड़े होते हैं, जैसा कि *V* और *N* बर्फों द्वारा दिखाया गया है। पहला आयरलैंड के दक्षिण-पश्चिमी तट पर स्थित वैलेंसिया की समुद्री जलवायु को और दूसरा पूर्वोक्त मास्कोविया की महाद्वीपीय जलवायु को प्रकट करता है।

समुद्र, स्थल की अपेक्षा तापमान की वार्षिक गति (annual march) को अधिक गंभीरता है (चित्र ५७०)। अतः, स्थल की अपेक्षा समुद्र पर एवं उसके निकट समान श्रुत अपेक्षाकृत अधिक गीला और पनझड़ की श्रुत अधिक गरम होती है। महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा महासागरीय जलवायु की आर्द्रता भी अधिक होती है। इसके परिणामस्वरूप महासागरीय जलवायु में अधिक बरानी और प्रायः अधिक वर्षा होती है। यह वर्षा जाड़ों में विशेष रूप से अधिक होती है।

समुद्र की पर्वत मानसून: स्थल की पर्वतों की अपेक्षा अधिक सक्रियताशी होती है। महासागरों के तटवर्ती (leeward) तटों (जो तट जिनकी ओर समुद्र में पर्वत आती हैं) की जलवायु अनिवार्य रूप से महासागरीय होती है। ऐसे तटों पर की वनस्पति एवं प्राणी जीवन पर अधिक समान तापमान एवं आर्द्रता की अधिक विज्ञान भाषा का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। ये प्रभाव इतने व्यापक होते हैं कि जीवन और मृत्यु की घटनाओं एवं वृद्धि (thrift) की भाषा में भी आगे तक विद्यमान रहते हैं। उदाहरण के लिए, किसी महाद्वीपीय जलवायु की अपेक्षा समुद्री जलवायु में उष्ण रेशों में प्रोटीन (protein) की मात्रा कम होती है, और तापमान की वृद्धि के साथ रेशों का माँड़ (starch—मंड) कम होता जाता है और इसका

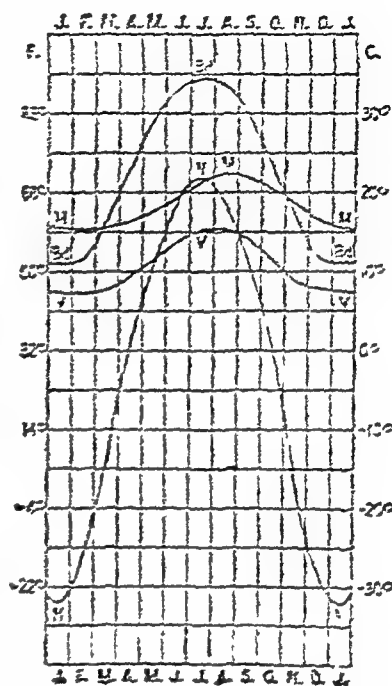


Fig. 579

Graphs to illustrate oceanic and continental climates at different latitudes. *M*—Madeira, *Bd*—Bagdad, *V*—Valencia, and *N*—Eastern Siberia. *M* and *V* represent oceanic climates; *Bd* and *N*, continental. (After Angot)

आश्नेप (gluten—ग्लूटन) बढ़ता जाता है।¹ मयुक्क राज्य के शुष्क पश्चिमी भाग में उगाये गये आलू, जहाँ पर आवश्यक (किन्तु अनावश्यक नहीं) पानी सिंचाई द्वारा दिया जाता है, आद्र जलवायु में उगाये गये आलू की अपक्षा अधिक पोष्टिक (nutritious) होते हैं। ये माधारण तथ्यों के वेबन दृष्टान्त ही हैं।

महाद्वीपीय जलवायु (Continental climates)—समुद्री जलवायु के विपरीत, महाद्वीपीय जलवायु के वार्षिक एवं दैनिक तापमान के अन्तर अधिक बढ़ होते हैं और ऋतुओं समुद्र के ऊपर की अपक्षा कम पीछे रहती हैं। उच्च अक्षांश में आकाश स्वच्छ रहते हैं और जाड़े अधिक शीतल होने हैं, निचले अक्षांशों में जाड़े समुद्र के ऊपर की अपक्षा अधिक आण रहते हैं। आद्रता और वर्षा की मात्रा कम है, और समुद्र के ऊपर की अपक्षा वर्षा बार बार नहीं होती है, किन्तु वर्षा की मात्रा और वितरण स्थल की आकृति, पवन आदि द्वारा प्रभावित होते हैं।

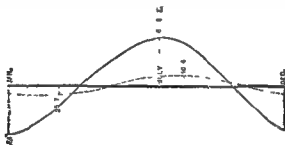


Fig 580

Annual march of temperature (in degrees Fahr) in continental (full line curve) and oceanic (broken line curve) climates. The horizontal line represents the annual average (After Hann)

जहाँ तक तापमान का सम्बन्ध है, महामारीय एवं महाद्वीपीय जलवायु के बीच के अन्तर निम्नांकित सारणी द्वारा दिखाये गये हैं

अक्षांश	०°	१०°	२०°	३०°	४०°	५०°
स्थल गोलार्द्ध का माध्य तापमान (Mean temperature of land hemisphere)	४४.८°	४२.१°	३६.४°	२६.०°	१४.७°	३.६°
जल गोलार्द्ध का माध्य तापमान (Mean temperature of water hemisphere)	२२.२°	२१.२°	१६.६°	१७.४°	१२.७°	७.६°
अन्तर (Difference)	२२.६°	२१.२°	१६.८°	८.६°	३.०°	-४.०°

¹ Hann, *Handbook of Climatology*

मरुस्थली जलवायु (Desert climates) महाद्वीपीय जलवायु की ही एक चरम अवस्था (extreme phase) है। इसमें दैनिक तापमान के अन्तर महान होते हैं। परिणाम यह होता है कि दिन में पवने पर्याप्त उच्च रहती हैं, और वायु प्रायः इतनी धूलमय होती है कि यात्रा करना तक कठिन हो जाता है। राते अधिक शान्त और अधिक शीतल रहा करती हैं। अधिक दैनिक तापमान के अन्तरो एवं उच्च पवनो के फलस्वरूप तापमान के परिवर्तनो के कारण चट्टानो का टूटना और पवन द्वारा धूल तथा बालू का परिवहन (transportation) अपनी अधिकतम सीमा पर होते हैं। वनस्पति जगत के लिए शुष्कता विपरीत होती है, अतः यह जलवायु जानवरों के लिए भी विपरीत होती है।

चूँकि समुद्रतटीय जलवायु महाद्वीप के पवनाभिमुख पार्श्व (leeward side) पर उसी अक्षांश की महासागरीय जलवायु के बहुत कुछ समान होती है, अतः पछुवा पवनो के कटिवन्धो में महाद्वीपों के पश्चिमी तटों पर महासागरीय जलवायु और पूर्वी तटों पर महाद्वीपीय जलवायु पायी जाती है। व्यापारिक पवनों के कटिवन्ध में परिस्थिति इसके विपरीत मिलती है।

कुछ समुद्रतटीय कटिवन्धों की जलवायु प्रधानतया मानसून पवनो द्वारा नियन्त्रित है। ये पवन इतनी प्रभावशाली होती हैं कि मानसून जलवायु को एक अलग जलवायु मानना ही उचित है। मानसून तटों पर ग्रीष्म में आती है, अतः वे ग्रीष्म में ही वर्षा करती हैं; किन्तु स्थानीय रूप से मानसून पवने जाड़े में भी अवक्षेपण करती हैं।

पर्वतीय एवं पठारी जलवायु (Mountain and plateau climates) अन्य महाद्वीपीय जलवायु से भिन्न होती है, क्योंकि (१) ऊँचाई की वृद्धि के साथ सूर्यताप एवं विकिरण (insolation and radiation) में वृद्धि होती है, (२) निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity) कम होती है, (३) तापमान कम होता है, (४) सौर तापमान (solar temperature) का अन्तर अधिक होता है, और (५) किन्हीं-किन्हीं ऊँचाइयों तक अवक्षेपण के बार-बार होने की सख्या (frequency) अधिक होती है। निचले स्तरों पर की अपेक्षा भूमि एवं वायु के तापमानों के बीच का अन्तर भी अधिक होता है।

पर्वत भी, महासागरो की ही भाँति, सोपेक्षित रूप से शुद्ध वायु तथा उच्च पवनो से युक्त होते हैं। वे साधारण पवनो को आपरिवर्तित (modified) कर देते हैं और स्थानीय पवनो को जन्म देते हैं, जैसे कि पर्वतीय और घाटी की समीरे। वे वायु के स्वतन्त्र क्षैतिज प्रवाह को रोकते हैं, इस कारण किसी पर्वत श्रेणी के दूसरी ओर दाब और आर्द्रता की अवस्थाएँ नितान्त भिन्न हो सकती हैं।

वनों का जलवायु पर प्रभाव (Climatic effect of forests)—महाद्वीपीय जलवायु पर वन भी एक आपरिवर्तनकारी प्रभाव (modifying influence) डालते हैं। वे विकिरणशील एवं वाष्पनशील तलों (radiating and evaporating surfaces) वृद्धि द्वारा और सम्भवतः मेघता (cloudiness—वदली) की वृद्धि

द्वारा ग्रीष्म के तापमान को नीचा कर देने है। वे वायु की आपेक्षिक आद्रता को बढ़ाते हैं, किन्तु यह अनिश्चित है कि वे अवक्षेपण पर अत्यधिक प्रभाव रखते हैं

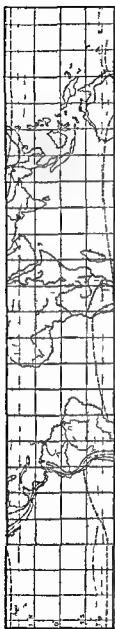


Fig 581
Map of the tropical regions, showing land and water areas Poleward limit of distribution of palm trees— Poleward limit of tradewinds Mean annual isotherm of 68° F

अथवा नहीं। कुछ प्रदेशों के सकलित आकड़ा द्वारा इसका उत्तर 'हाँ' (affirmation) में और कुछ के द्वारा 'नहीं' में ज्ञात होता है। किसी भी परिस्थिति में वे वर्षा से गिरे हुए जल को रोकते हैं और हिम के पिघलने में बाधा उपस्थित करते हैं, अतः उन प्रदेशों की आद्रता पर उनका सामान्य प्रभाव बहुत कुछ वही होता है जो अवक्षेपण में वृद्धि हो जाने के कारण पड़ना। पवन एवं वाद का रोकने में भी वन सहायता देते हैं।

इन सामान्य तथ्यों को ध्यान में रखते हुए, हम अनेक कटिबंधों की जलवायु के विषय में मक्षिप्त अध्ययन कर सकते हैं। इस अध्ययन में २३½° और ६६½° की अक्षांश रेखाएँ कटिबंधों की सीमाएँ मानी जाएँगी।

उष्णकटिबंधीय जलवायु की सामान्य विशेषताएँ

(General Characteristics of Tropical Climates)

उष्णकटिबंध में पृथ्वी के क्षेत्रफल का लगभग ३ भाग सम्मिलित है, और इस ३ भाग में से लगभग २ भाग स्थल है (चित्र ५८१)। इस जलवायु के विषय की मुख्य बातें ये हैं (१) उनकी उष्णता और (२) उनकी एक रूपता (uniformity)। मौसम बार-बार नहीं बदलता है, जैसा कि मध्य अक्षांश में होता है, और वायुमण्डलीय दशाएँ लगभग इतनी एकसी हैं कि मौसम और जलवायु प्रायः एक ही रहते हैं। कटिबंध के कतिपय भागों में समय-समय पर प्रमजन (hurricanes) और तूफान (typhoons) सामान्य एकरसता (monotony)

को भग करते रहते हैं।

इस कटिबंध में तापमान के विशाल भेदों का अभाव मुख्यतः दो कारणों से रहता है (१) दूसरे कटिबंधों की अपेक्षा सूर्य की मध्याह्नकाल की ऊँचाई में

वहुत कम अन्तर पड़ता है, और (२) दिन एवं रात की लम्बाइयों में अधिक अन्तर नहीं होता है। परिणाम यह होता है कि सूर्यताप की मात्रा एक ऋतु से दूसरी ऋतु में बदली हुई नहीं होती है और चूँकि यह मात्रा सदैव विशाल होती है, अतः तापमान (निम्न ऊँचाइयों पर) सदैव ऊँचा रहता है।

उष्णकटिबन्ध में अनेक स्थानों में उष्णतम एवं शीतलतम महीनों के माध्य तापमानों के बीच 10° से कम का अन्तर रहता है, और यह अन्तर 15° से लेकर 20° तक से अधिक नहीं होता है। महासागरो और अन्य कुछ स्थलों पर यह अन्तर न के तुल्य होता है। कोलम्बिया में बोगोटा (Bogota) पर शीतलतम महीना उष्णतम महीने की अपेक्षा 3° से कम शीतल रहता है, और जावा में कुछ स्थानों में यह अन्तर और भी कम होता है। उष्णकटिबन्ध के किनारों (edges) की ओर तापमान का वार्षिक अन्तर विशेषकर भीतरी स्थल पर अधिक होता है।

उष्णकटिबन्ध के अनेक भागों में दिन और रात के तापमान के बीच का अन्तर उष्णतम और शीतलतम महीनों के बीच के अन्तर की अपेक्षा अधिक बड़ा होता है। तटों के समीप तापमान रात में 10° से नीचे शायद ही गिरता है और दिन में 20° से ऊपर कभी ही उठता है। स्थल के भीतरी भागों में दैनिक तापान्तर अत्यधिक होता है, और तटों से दूर शुष्क प्रदेशों में कुछ स्थानों पर यह 60° या 70° तक होता है (रात में 50° या 60° से लेकर दिन में 120° तक)। कुछ स्थानों में समुद्र-तल की ऊँचाई पर तापमान हिमाक तक पहुँच जाते हैं, जैसे कि कटिबन्धों के छोरों के समीप मरुस्थलों में। चूँकि दैनिक तापान्तर उष्णतम एवं शीतलतम महीनों के बीच के तापान्तर से कई गुना बड़ा होता है, अतः सामान्य तौर पर यह कहा जाता है कि “रात उष्णकटिबन्ध की जाड़े की ऋतु होती है।” दिन-प्रतिदिन दैनिक तापान्तर प्रायः एक ही रहता है।

उष्णकटिबन्ध का ऊँचे से ऊँचा तापमान मध्य अक्षांशों के ऊँचे से ऊँचे तापमान से ऊँचा नहीं होता है। उष्णकटिबन्धीय जलवायु की विशेषता उसके उच्च तापमान से प्रकट न होकर निरन्तर ऊँचे रहने वाले तापमान से प्रकट होती है।

उष्णकटिबन्धीय वर्षा की विभिन्नता (variability) उसके तापमान की एकरूपता (uniformity) के विपरीत होती है। कुछ स्थान सदैव शुष्क और कुछ सदैव वर्षा से पूर्ण रहा करते हैं, कुछ स्थानों में लगातार कई महीनों तक वर्षा नहीं होती है और वर्ष के शेष महीनों में प्रायः दैनिक वर्षा होती है; कुछ स्थानों में प्रति वर्ष एक वर्षा ऋतु होती है और कुछ में दो-दो वर्षा की ऋतुएँ होती हैं। जहाँ पर जलवायु का दूसरा प्रधान तत्त्व, तापमान, प्रायः स्थायी होता है वहाँ पर वर्षा जलवायु पर एक नियन्त्रणकारी है। सामान्यतः वर्षा के भेद निश्चित (definite) हैं और बहुत कुछ नियमित समयों पर ही घटित होते हैं।

उष्णकटिबन्ध में, वर्षा का वितरण—(१) पवनो (और प्रशान्त-मण्डल—calms), और (२) स्थल की आकृति (topography) से प्रभावित होता है। उष्णकटिबन्ध में वर्षा के वितरण को निश्चित करने में जो पवन (और प्रशान्त-

मण्डल) सर्वाधिक महत्त्व की होती है वे यह है (ज) व्यापारिक पवने, और (व) भूमध्यरेखीय प्रशांत मण्डल (equatorial calms)। प्रशांत पटी (calm belt) मूल्य के साथ उत्तर एवं दक्षिण को खिसकती है, और इसका स्थान परिवर्तन इस प्रदेश में वर्षा के सामयिक गुण (periodic character) का निश्चित करता है।

वर्षा की ऋतुएँ (Seasons of rainfall)—प्रशांत मण्डल की घूमने वाली पटी की सीमाओं के भीतर अधिकांश स्थानों में वर्षा उस समय होती है जबकि मूल्य लगभग मिर के ऊपर रहता है, अथवा उसके कुछ समय बाद। प्रशांत पटी के दोनों ओर व्यापारिक पवना के प्रदेश में वर्षा होने की सम्भावना मुख्यतया उस वायु द्वारा होती है जो ऊँचाई या व ऊपर जान को वाष्प होती है।

वर्षा भर की वर्षा का वितरण वर्ष का ऋतुआ में विभाजित करने का आधार प्रदान करता है। कुछ स्थानों में दो ऋतुएँ होती हैं—एक वर्षा पूरा और दूसरी शुष्क, जबकि अन्य स्थानों में चार ऋतुएँ होती हैं—दो वर्षा की और दो सूखी। इन ऋतुआ की सम्बाधिका एक स्थान से दूसरे स्थान पर बहुत बदलती रहती है। कुछ स्थानों में वर्षा भर सूखा रहता है। ऐसे स्थानों की ऋतुएँ तापमान की दृष्टि से भिन्न होती हैं और जब मूल्य की किरणें अधिक उदग्र (vertical) होती हैं तो वे अधिक गरम हो जाती हैं।

उष्णकटिबंध के भीतर जलवायु के प्रकार (Types of Climate within the Tropics)

वर्षा और उसके प्रभाव एक ऐसा आधार प्रदान करते हैं जिस पर विभिन्न प्रकार की उष्णकटिबंधीय जलवायु के भेद किये जाते हैं। वे यह हैं (१) भूमध्य रेखीय जलवायु (equatorial type) जो भूमध्यरेखा के दोनों ओर 10° से 15° तक के प्रदेशों का प्रभावित करती है, (२) व्यापारिक पवना के प्रकार की जलवायु (the trade wind type) जो भूमध्यरेखीय प्रकार की जलवायु के प्रदेश और क्व एवं मकर-रेखाओं के बीच की पट्टियाँ को प्रभावित करती हैं, (३) मानसून प्रकार की (monsoon type) जलवायु, विशेषकर समुद्रों के निकटवर्ती स्थलों के आस पास, और (४) ऊँचाई द्वारा उत्पन्न इन प्रकारों का बदला हुआ स्वरूप जिसका पर्वतीय जलवायु (mountain climate) कहा जा सकता है।

१ भूमध्यरेखीय जलवायु (0° अक्षांश से 10° या 15° उत्तर एवं दक्षिण तक)
(Equatorial Climate—Latitude 0° to 10° or 15° N and S)

तापमान (Temperature)—उष्णकटिबंध के इस भाग में तापमान का परिवर्तन कम से कम होता है। तापमान के अंतर मुख्यतः निम्न रातों पर निभर होते हैं (१) ऊँचाई, और (२) समुद्र से निकटता, विशेषतः उस समुद्र की निकटता जहाँ में स्थल की ओर पवन बहती है। जलवायु की इस पटी की विभिन्न समुद्री जलवायु में एक महीने से दूसरे महीने में तापमान का अंतर केवल न के तुल्य होता है। उदाहरण के लिए, बटेविया (जावा) में माध्य वार्षिक तापमान 75.6° फा० है,

और शीतलतम महीना उष्णतम महीने की अपेक्षा केवल 2° ही अधिक शीतल रहता है। इसके विपरीत, मध्य अमरीका के भीतर माध्य वार्षिक तापमान (mean annual temperature) बटेविया की अपेक्षा अधिक भिन्न अवश्य नहीं है किन्तु उष्णतम महीना शीतलतम महीने की अपेक्षा 10° या 12° अधिक उष्ण रहता है। अधिकांश स्थानों में दैनिक तापमान का अन्तर वार्षिक अन्तर की अपेक्षा अधिक बढ़ा होता है। यह तटों की अपेक्षा स्थल के भीतरी भागों में अधिक होता है और कम ऊँचाइयों की अपेक्षा पर्याप्त ऊँचाइयों पर अधिक होता है।

वर्षा (Rainfall)—आमतौर पर वर्षा दोपहर के बाद (after noon) बौछारों के रूप में आती है, वर्षा के साथ प्रायः विजली का गर्जन रहता है, और प्रायः प्रतिदिन का प्रातः काल स्वच्छ रहता है। उष्णकटिबन्धीय प्रशान्त-मण्डलों की पेट्री के स्थान-परिवर्तन में दैनिक वर्षा के प्रदेश की गति (movement) निहित (involved) रहती है। प्रशान्त-मण्डलों की मेखला के भीतर और बाहर रहने वाले स्थान वारी-वारी से आर्द्र और शुष्क ऋतुएँ पाते हैं। जब सूर्य दोपहर को लगभग उदग्र (vertical) रहता है, तो भूमध्यरेखीय कटिबन्ध के किनारों के समीप एक अपेक्षाकृत छोटी आर्द्र ऋतु होती है, और जब सूर्य की किरणें अधिक तिरछी होती हैं तो एक लम्बी शुष्क ऋतु होती है। भूमध्यरेखा के समीप दो आर्द्र और दो शुष्क ऋतुएँ होती हैं। जब दोपहर को सूर्य की किरणें लगभग उदग्र रहती हैं तो आर्द्र ऋतुएँ विषुवों (equinoxes) के अवसरों के आसपास केन्द्रित होती हैं; और शुष्क ऋतुएँ उस समय होती हैं जबकि सूर्य की किरणें भूमध्यरेखा से दूर उदग्र होती हैं।

आर्द्रता एवं मेघता (Humidity and cloudiness)—सामान्यतः वर्षा ऋतु में आर्द्रता अधिक और शुष्क ऋतु में कम होती है। वर्ष भर में वर्षा और मेघों का वितरण भिन्न-भिन्न महीनों के तापमानों को प्रभावित करता है। नियमानुसार, शुष्क ऋतु के अन्त में तापमान उच्चतम रहता है, और अनेक स्थानों में वर्षा ऋतु वर्ष का शीतलतम भाग होती है, यद्यपि उस समय सूर्य उच्चतम होता है। इसका कारण यह है कि दिन के पर्याप्त भाग में बादल सूर्य की किरणों को ढक लेते हैं। वर्षा ऋतु की बड़ी हुई आर्द्रता इसके सवेद्य तापमान (sensible temperature) गरम एवं शुष्क ऋतु के तापमान की अपेक्षा ऊँचा कर सकती है, अतः अनेक स्थानों में वर्षा ऋतु वर्ष का सर्वाधिक अरुचिकर (disagreeable) समय होती है।

जीवन पर प्रभाव (Effects on life)—इस प्रदेश का उच्च तापमान और इसके मध्य भाग की प्रचुर वर्षा वनस्पति के प्रचुर विकास के अनुकूल है। आमेजन की घाटी, मध्य अफ्रीका और मलाया प्रायद्वीप के घने जंगल इस प्रदेश के आर्द्र भागों की विशेषता हैं।

इन जंगलों में पिछड़े हुए थोड़े से ही आदिम निवासी (backward natives) रहते हैं, जो मुख्य रूप से शिकार, मछली और जंगलों से प्राप्त भोजन पर ही अपना

निर्वाह करते हैं। यहाँ की आद्र भूमध्यरेखीय जलवायु, विशेषकर गोरू लागो के लिए, जस्वास्थ्यकर हानी है। जलकटिबन्धीय मनरिया और पीला बुखार जा दोनों ही मच्छरा द्वारा फैलते हैं, मामास बीमारियाँ हैं।

२ व्यापारिक पवन जलवायु (अक्षांश 10° या 15° से 25° या 30° तक)
(Trade Wind Climate—Latitude 10° or 15° to 25° or 30°)

पवनें एक तापमान (Winds and temperature)—व्यापारिक पवन की जलवायु की सबसे अधिक विशिष्टता उन पवना की स्थिरता होती है जो 16 म 40 किलोमीटर (10 से 20 मील) प्रति घण्टा के वेग में चलती है। स्थिर पवनें तापमान की दशाशा को, विशेषतः महासागरों, छाट द्वीपों और पवनाभिमुख तटों के ऊपर, लगभग एकसा बना देती हैं। इस जलवायु के वापिक एक दैनिक दाना ही तापमान के परिवर्तन, भूमध्यरेखीय पट्टी की अपेक्षा ऊँचे होते हैं। जिन निचले स्थलों पर व्यापारिक पवनें चलती हैं व शुष्क हो जाया करते हैं। दिन में वे शीघ्रता से गरम और रात में शीघ्रता से ठण्डे हो जाया करते हैं, तथा उनके स्थानों में दैनिक तापान्तर 20 या 60° फा० का हो जाता है। 32° फा० तक निम्न तापमान भी मिलता है। यह महान दैनिक परिवर्तन, भूमध्यरेखा के समीप समान परिवर्तन की अपेक्षा कम अनुभव किये जाते हैं, क्योंकि आर्द्रता निम्न होती है। शुष्क वायु अपने तापमान के बड़े परिवर्तन के साथ भूमध्यरेखीय पट्टी की वायु की अपेक्षा अधिक स्फूर्तिदायक (invigorating) होती है।

वर्षा (Rainfall)—यद्यपि व्यापारिक पवनें साधारणतः सुखान वाली (जिनकी आपत्तिक आद्रता निम्न होती है) पवनें हानी है, तथापि इनमें पर्याप्त जल की वाष्प विद्यमान रहती है और वे जल के अंक (dew point) तक शीतल होने पर आद्रता का त्याग करती हैं। वे निचले स्थलों से ऊपर पर्याप्त शीतल नहीं हो पाती हैं, अतः जब तक व्यापारिक पवनें बहती हैं, वे स्थल शुष्क बने रहते हैं। जहाँ पर वे पवनें थप भग चलती हैं वहाँ स्थल मरम्यत होता है। इससे विपरीत जहाँ व्यापारिक पवनें उच्च स्थलों के ऊपर बहती हैं वहाँ वायु ऊपर जाने के लिए वायु हान पर शीतल हो जाती है और बादलों का निर्माण होकर वर्षा हो सकती है। इस कारण से व्यापारिक पवन की पेटियाँ में उच्च स्थलों के पवनाभिमुख पार्श्वों पर वर्षा होने की सम्भावना रहती है और प्रनिवात पार्श्व (leeward sides) शुष्क रहते हैं। इक्वेडोर में उत्तरी चिली तक, एण्डीज का प्रनिवात पार्श्व (पश्चिमी भाग) तटीय मरम्यत का अद्भुत दृश्य उपस्थित करता है, और ठीक इसी प्रकार की दशा दक्षिण पश्चिमी अफ्रीका के प्रनिवात तट पर मिलती है। महासागर के मध्य भाग में स्थित उच्च स्थलों के वे भाग जो व्यापारिक पवन की ओर के पार्श्व पर होते हैं, वर्षा पाते हैं और उनके विपरीत पार्श्व शुष्क रहते हैं, जैसा कि हवाई द्वीपों के उदाहरण से ज्ञात होता है।

आस्ट्रेलिया में (चित्र ३३३), एक क्रमबद्ध उच्च भूमि पूर्वी तट के निकट, दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवना के भाग के ठीक आगपार स्थित है। इस स्क्वाट के

कारण आस्ट्रेलिया का आन्तरिक मरुस्थल का क्षेत्रफल बढ़ गया है; इस मरुस्थल को कभी-कभी “आस्ट्रेलिया का मृत हृदय” कहकर पुकारते हैं।

व्यापारिक पवनों से वर्षा प्राप्त करने में उच्च स्थलों का महत्त्व इस तथ्य में भी जान पड़ता है कि सहारा में भी स्थानीय ऊँचाइयों पर वर्षा होती है। पर्वतों में कुछ दूरी तक सरिताएँ बहती हैं, किन्तु वे शीघ्र ही सूख जाती हैं अथवा मरुस्थल के रेत में समा जाती हैं।

मामान्यतः व्यापारिक पवनो द्वारा प्रभावित अधिकांश निचले स्थान धूपदार होते हैं, और मरुस्थल प्रायः मेघहीन होते हैं। बादलों का होना मुख्यतः पवनाभिमुख ढालों तक ही सीमित होता है।

व्यापारिक पवनों की पेटियों में वर्षा का समय स्थान-स्थान पर भिन्न-भिन्न होता है। किन्हीं-किन्हीं स्थानों में इसका वितरण वर्ष भर कुछ-कुछ मनुलित सा रहता है, जबकि अन्य स्थानों में यह ऋतु के अनुसार होता है। जिन स्थानों में व्यापारिक पवनों से वर्षा होती है, उनमें यदि पवनें वर्ष भर निरन्तर चलती हैं, जैसे कि व्यापारिक पवन के कटिबन्धों के मध्यवर्ती भागों में, तो उनमें बारी-बारी से आर्द्र एवं शुष्क ऋतुएँ नहीं होती हैं। व्यापारिक पवन के प्रकार की वर्षा उन अक्षांशों में बदल जाती है जो इनने निम्न है कि भूमध्यरेखीय प्रशान्त (equatorial calms) उन तक पहुँच जाएँ। कुछ स्थानों में व्यापारिक पवनें मानसून पवनों द्वारा बाधा पाती हैं, और जहाँ पर ऐसा होता है वहाँ पर वे मानसून की वर्षा को बदल सकती हैं।

चक्रवात (Cyclones)—व्यापारिक पवन की पेटियों की मामान्य मौसमी दशाएँ कुछ स्थानों में उन उष्णकटिबन्धीय चक्रवातों द्वारा बाधा पाती हैं, जो भूमध्यरेखीय पेटों के छोरों के आसपास उत्पन्न होते जान होते हैं और व्यापारिक पवन के प्रदेश में होकर ऊँचे अक्षांशों की ओर बढ़ते हैं (चित्र ५६१)। वे केवल ग्रीष्मकाल के अन्त और पतझड़ के आरम्भ में आते हैं। वे तापमान के नियमित दैनिक परिवर्तनों में बाधा उपस्थित करते हैं, और अनेक दशाओं में मूसलाधार वर्षा करते हैं।

व्यापारिक पवनें और व्यापार (Trade-winds and commerce)—स्थिर विश्वास के योग्य व्यापारिक पवनें जो महासागरों के पूर्व से पश्चिम तक एक विस्तृत पेटों के ऊपर प्रचलित हैं, उन जहाजों की जलयात्रा के मार्गों के निश्चय में प्राचीन काल से सहायक रही हैं जिनके जाने और आने के जलमार्ग भिन्न-भिन्न थे।

व्यापारिक पवन की जलवायु में जीवन (Life in the trade-wind climate)—चूँकि आर्द्रता की मात्रा कम होती है, अतः भूमध्यरेखीय जलवायु के जंगलों के समान घने जंगल कई एक पर्वतों के केवल पवनाभिमुख पार्श्वों पर ही उगते हैं। व्यापारिक पवनो के प्रदेश में अधिकांश निचले स्थान सुखे होते हैं, सहारा जो संयुक्त राज्य के आकार के दो-तिहाई की अपेक्षा अधिक है। इसका एक उदाहरण है।

परन्तु व्यापारिक पवन के मरुस्थलों के कुछ भागों में जब-तब वर्षा होती है।

कुछ स्थानों में यह वर्षा नियमित रूप में वर्ष की निश्चित ऋतुओं में होती है, और अनुसूच स्थानों में वर्षा अन्न उगाने के लिए पर्याप्त होती है।

३ मानसून जलवायु (Monsoon Climate)

वर्षा (Rainfall)—उस ऋतु में जबकि भूय की दापहर की ऊँचाई अधिक होती है कुछ स्थानों में उष्णकटिबंधीय मानसून पवनें व्यापारिक पवनों की अपेक्षा अधिक शक्तिशाली हो जाती हैं। मानसून पवनें अपने चलने के समय तक अति स्थिरता में रह सकती हैं।

हम पहले ही देख चुके हैं कि मानसून पवनें दक्षिणी एशिया में पूर्ण रूप में विकसित होती हैं। एशिया के पूर्वी तट पर लगभग 40° अक्षांश ऊपर तक ग्रीष्मकाल में महासागर से एक इसी प्रकार की पवन चलती है, जो मूल को कुछ वर्षा प्रदान करती है। उत्तरी गोवा में अधिकांश स्थानों के लिए ऐसी ऋतु मई में अक्टूबर तक होती है जबकि मानसून प्रकार की पवन समुद्र से स्थल की ओर चलती है। दक्षिणी गोवा में, विशेषकर उत्तरी ऑस्ट्रेलिया में, यह नवम्बर में अप्रैल तक होती है। समुद्र से आने वाली पवन साधारणतः वर्षा लाती है और उच्च पवनों के पवनाभिमुख पार्श्वों पर भारी वर्षा होती है। कुछ थोड़े स्थानों में एक वर्ष में १,००० सेण्टीमीटर से १,२५० सेण्टीमीटर (४०० इंच से ५०० इंच) तक वर्षा होती है। चूंकि यह समान वर्षा चार या पांच महीनों में गिरती है, अतः हमका अब यह हुआ कि वर्षा ऋतु की अवधि में प्रतिदिन ५ से १० सेण्टीमीटर (२ इंच से ४ इंच) तक की दैनिक वर्षा होती है।

भारतीय मानसून एक दक्षिण पश्चिमी पवन है जो हिंद महासागर और बंगाल की खाड़ी में बहती है। अतः पश्चिमी एवं दक्षिण पश्चिमी तटों पर अधिक वर्षा होती है जबकि पूर्वी तट पर दक्षिणी पठार और पूर्वी घाटों के प्रतिबल (leeward side) में, जहाँ तक मानसून चलती है कुछ भी वर्षा नहीं होती है। इस तट (पूर्वी घाट के पूर्व) पर वर्षा तब होती है जब उत्तर-पूर्वी व्यापारिक पवन चलती है। उत्तर-पश्चिमी भारत में, जहाँ मानसून नहीं पहुँचता, एक विशाल मरुस्थल है। अतः भारत के विभिन्न भागों में, अधिकांशतः स्थल की आकृति के साथ पवन की दिशा के सम्बन्ध के फलस्वरूप, विभिन्न प्रकार की वर्षा मिलती है।

जो दशांश वर्षा उत्पन्न करती है, उनका अर्थ बड़ी हुई मेघता में होता है, इस कारण वर्षा ऋतु शुष्क ऋतु की अपेक्षा कम खराब हो सकती है। आम तौर पर उच्चतम तापमान वर्षा ऋतु के आरम्भ होने के ठीक पहले ही हुआ करता है क्योंकि इस समय में नियमित पवनें अशक्त हो जाती हैं अथवा उनका पूर्णतया अभाव हो जाता है।

उत्तरी ऑस्ट्रेलिया और पश्चिमी अफ्रीका में गिनी की खाड़ी का उत्तरी तट स्पष्ट रूप से उष्णकटिबंधीय मानसून जलवायु के अन्तर्गत आता है, किन्तु पश्चिमी

गोलार्द्ध के उष्णकटिबन्धीय स्थलों में कोई प्रसिद्ध मानसूनी भू-भाग नहीं है क्योंकि स्थल एव जल की व्यवस्था उनके विकास के लिए अनुकूल नहीं है।

जीवन की प्रतिक्रियाएँ (Life responses)—जहाँ तक मानव की आवश्यकताओं का सम्बन्ध है, मानसून प्रदेश वास्तव में जीवन की सुगम परिस्थितियों को प्रदान करते हैं और उष्णकटिबन्ध की विज्ञानतर जनसंख्या को आश्रय देते हैं। अकेले भारत में ही लगभग ४४,००,००,००० मनुष्य रहते हैं, यद्यपि इसका क्षेत्रफल संयुक्त राज्य के क्षेत्रफल के दो-तिहाई से भी कम है।

४. ऊँची उच्चताओं की जलवायु (Climate in High Altitudes)

तापमान पर प्रभाव (Effect on Temperature)—उष्णकटिबन्ध के अधिकांश भाग के लिए विभिन्न ऊँचाइयाँ ऐसे कारण हैं जो तापमान में महत्वपूर्ण परिवर्तन उत्पन्न करती हैं। इस परिवर्तन का विस्तार इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि ४,८०० मीटर (१६,००० फुट) से अधिक ऊँचे उष्णकटिबन्धीय पर्वत वर्ष से ढके रहते हैं।

मध्यम ऊँचाइयों पर पाये जाने वाले निचले तापमान उष्णकटिबन्धीय पठारों को निचले स्थानों की अपेक्षा अधिक रुचिकर एवं स्वास्थ्यप्रद बनाते हैं। उदाहरण के लिए, बोलिविया के पठार पर दैनिक तापमान का विस्तार ३२° फा० से ७५° या ८०° फा० तक हो सकता है। उष्णकटिबन्धीय पर्वतों एवं पठारों की जलवायु कुछ-कुछ समशीतोष्ण कटिबन्धों की समुद्री जलवायु की भाँति होती है, किन्तु दैनिक तापमान का अन्तर अत्यधिक होता है।

उष्णकटिबन्ध की उच्च ऊँचाइयों की दोनों ही प्रकार की वनस्पति प्राकृतिक रूप से उगने वाली एवं मानव प्रयास से उगायी गयी, कर्क एवं मकर के बाहर निचले स्तरों पर पायी जाने वाली वनस्पति से मिलती-जुलती है। ऊँचाई की वृद्धि के साथ ही साथ वनस्पति में भी एक क्रमिक परिवर्तन मिलता है, निचले भागों पर गन्ना एवं चावल जैसी उपजों में लेकर, मध्यम ऊँचाइयों पर समशीतोष्ण कटिबन्ध के फलों एवं शाको की एक पेटी से होकर, अधिक ऊँचाई पर शीतशीतोष्ण तथा आर्कटिक कटिबन्ध के पौधों तक के प्रकार मिलते हैं, और फिर लगभग ४,८०० मीटर (१६,००० फुट) की ऊँचाई पर निरन्तर गिरते रहने वाली शीन मिलती है। अधिक ऊँचाइयों से मिलने वाली शीन एवं हिम से नीचे के स्थानों के लिए मिचाई के लिए जल की प्राप्ति होती है।

मध्यवर्ती (समशीतोष्ण) कटिबन्धों की जलवायु

(Climate in the Intermediate (Temperate) Zones)

समशीतोष्ण कटिबन्धों का विस्तार (Extent of temperate zones)—

उष्णकटिबन्ध के प्रत्येक पार्श्व पर एक मध्यवर्ती (शीतोष्ण) कटिबन्ध स्थित है। अक्षांश द्वारा निर्धारित करने पर उनकी भूमध्यरेखा की ओर की सीमाएँ क्रमशः २३½° उत्तर और दक्षिण की समानान्तर रेखाएँ (कर्क एवं मकर-रेखाएँ) हैं, और उनकी

ध्रुवों की ओर की सीमाएँ क्रमशः $66\frac{1}{2}^{\circ}$ उत्तर एवं दक्षिण ध्रुवीय वृत्त हैं। परन्तु इन सीमाओं को पार करने पर जलवायु में कोई स्पष्ट परिवर्तन नहीं मिलता है।

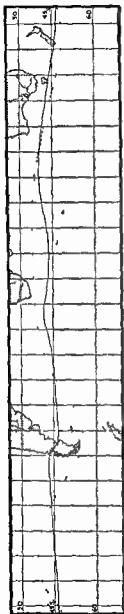


Fig 582

Map of South Temperate Zone, showing land and water areas Poleward limit of permanent habitations + + + + + Isotherm of 50° for warmest month — Poleward limit of cereals, about latitude 45° in South America

मध्यवर्ती कटिबन्धों में पृथ्वी के क्षेत्रफल के आधे में कुछ अधिक भाग (५२७ प्रतिशत) स्थित है। दक्षिणी मध्यवर्ती कटिबन्ध का कुल स्थली क्षेत्रफल केवल १,०२,४०,००० वर्ग किलोमीटर (४०,००,००० वर्गमील) के लगभग है (चित्र ५८२), और सागर का क्षेत्रफल इसका लगभग १२ गुना बड़ा है। अतः इस कटिबन्ध के अधिक भाग में समुद्री जलवायु मिलती है। समस्त स्थल का लगभग आधा भाग उत्तरी मध्यवर्ती कटिबन्ध में है, और वहाँ पर स्थल का क्षेत्रफल (६,६५,६०,००० वर्ग किलोमीटर अथवा २,६०,००,००० वर्ग मील) जल के क्षेत्रफल के लगभग बराबर है (चित्र ५८३)। उत्तरी अमेरिका में, उत्तरी अलास्का के अतिशून्य सम्पूर्ण समुक्त राज्य, कनाडा का अधिकांश भाग और मैक्सिको का कुछ भाग, इस कटिबन्ध में है। इसी प्रकार लगभग समस्त यूरोप, एशिया का अधिकांश, और उत्तरी अफ्रीका का कुछ भाग भी इसमें है। मूल के अधिक विस्तार के कारण दक्षिणी गोलार्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्ध में महाद्वीपीय जलवायु अधिक व्यापक है। उत्तरी और दक्षिणी मध्यवर्ती कटिबन्धों की जलवायु केवल कुछ मोटी मोटी विशेषताओं में ही समान है।

सामान्य विशेषताएँ (General Characteristics)

विभेदशीलता (Variability-विभिन्नता) —

इन कटिबन्धों में अनेक प्रकार की जलवायु पायी जाती है और उसके अन्तर्गत उत्तरे ही ध्यान को खींचने वाले हैं जितनी कि उसकी समानताएँ

होनी हैं। विभेदशीलता (विषमता) के ही कारण उनके अन्तर स्पष्ट समझ में आते हैं। वह (१) तापमान, (२) पवन की दिशा एवं वेग, और (३) वर्षा की मात्रा एवं वितरण में भिन्न है। सामान्यतः दक्षिणी गोलार्ध में उत्तरी गोलार्ध की अपेक्षा विषमता कम है।

सूर्य का प्रभाव (Sun influence)—उष्णकटिबन्धीय जलवायु की सापेक्षिक एकस्यता (uniformity) के विपरीत, इन कटिबन्धों में विषमता के दो मूल कारण—

(१) वर्ष में सूर्य की ऊँचाई, और (२) दिन एवं रात की लम्बाई—के महान अन्तर होते हैं। इन कटिबन्धों में किसी भी स्थान पर कभी भी सूर्य मिर के ऊपर नहीं आता है, और वर्ष के कम से कम एक भाग में सूर्य दोपहर को शिरोविन्दु (Zenith) से अनेक अंश दूर रहता है। यही कारण है कि विभिन्न समयों पर प्राप्त ताप की मात्रा में महान अन्तर मिलते हैं, और वर्ष ऐसी ऋतुओं में विभाजित है जिनमें तापमान अति भिन्न-भिन्न होते हैं।

पवन (Winds)—इन कटिबन्धों की प्रचलित पवने (पछुवा) उष्णकटिबन्ध की व्यापारिक पवनो की अपेक्षा दिशा और वेग में बहुत कम नियमित होती हैं, और वे उन चक्रवातीय तूफानों द्वारा पर्याप्त रूप में विचलित कर दी जाती हैं जो अनेक बार आते हैं और शक्ति में भिन्न होते हैं।

तापमान के अन्तर (Temperature ranges)—उपर्युक्त कारण एक दिन से दूसरे दिन, एक ऋतु से दूसरी ऋतु एवं एक स्थान से दूसरे स्थान के तापमान में बड़ी विभिन्नता उत्पन्न करते हैं। तापमान की महान एवं आकस्मिक विभिन्नताएँ मम-शीतोष्ण (temperate) नाम को इन कटिबन्धों के लिए विशेष रूप से अनुपयुक्त बनाती हैं। यहाँ का मौसम प्रायः असमशीतोष्ण रहता है। उष्णकटिबन्ध की अवस्थाओं के विपरीत इस जलवायु का सही-सही ज्ञान प्राप्त करने के लिए यहाँ की अनेक वर्षों की जलवायु का अध्ययन करना आवश्यक है। अधिकांश स्थानों में वार्षिक तापान्तर दैनिक तापान्तर की अपेक्षा अत्यधिक होता है।

एक ही अक्षांश में एक स्थान से दूसरे स्थान की दशाएँ दोनों ही प्रकारों

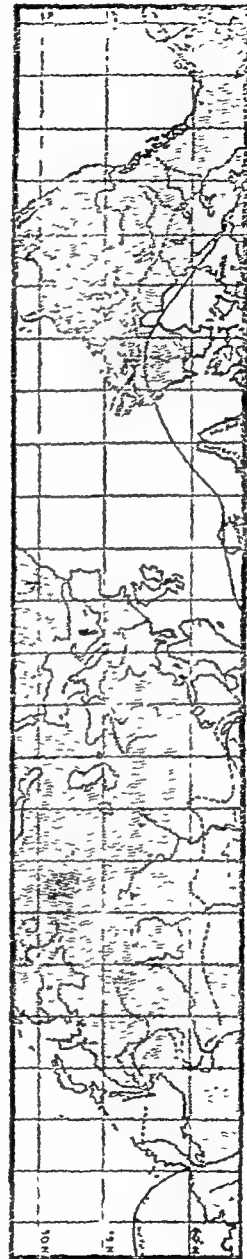


Fig. 583

Map of North Temperate Zone, showing land and water areas. Poleward limit of cereals.....
Poleward limit of permanent habitations + + + + + (in Greenland). Isotherm of 50° for
warmest month ———.

अर्थात् तापमान की विभिन्नता तथा अधिकतम ताप एवं शीत के अवसरी पर अत्यन्त भिन्न होती है। स्थल के भीतरी भागों में उच्चतम एवं निम्नतम तापमान वर्ष के मध्य साधारणतया मूल्य की उच्चतम एवं निम्नतम मध्याह्न की ऊँचाईयाँ के लगभग एक महीने पश्चात् होते हैं, और उच्चतम एवं शीततम महीना के तापमान, मध्य अक्षांशों में भी (जैसे कि शिकागो), एक दूसरे से 50° फा० भिन्न हो सकते हैं। बसन्त एवं पतझड़ के तापमान बहुत कुछ समान होते हैं। समुद्र के निकट उच्चतम एवं निम्नतम तापमान सर्वातियों (solstices) के लगभग दो महीने पश्चात् होते हैं, और बसन्त ऋतु पतझड़ की अपेक्षा अधिक शीतल होती है। अतः स्थानों में ग्रीष्म में अधिकतम तापमान कुछ उष्णकटिबंधीय स्थानों के तापमान से बढ़ जाते हैं। अतः मौसम और जलवायु तापमान के सम्बन्ध में पर्याप्त भिन्न है। परंतु कुछ स्थानों में, यहाँ तक कि उच्च अक्षांशों में भी, जीमट वार्षिक अन्तर 20° तक भी नीचा है। अतः इस कटिबंध में अक्षांश जलवायु का कोई निश्चित सूचक नहीं है।

उत्तरी मध्यवर्ती कटिबंध (North intermediate zone)—इस कटिबंध की दोनों सीमाओं के बीच स्थल का एक विशाल भाग स्थित है, जिसके कारण तापमान में एक स्पष्ट भिन्नता दिखाई देती है। इस सीमा के बीच कुछ ऐसे उच्चतम एवं निम्नतम तापमान भिन्नते हैं जिनका पर्याप्त ज्ञान है। जैसे, दक्षिणी कैलीफोर्निया में (सेन डीगो—San Diego, समुद्र के निकट) वार्षिक माध्य तापान्तर 16° की छोटी सराया से लेकर उत्तरी पश्चिमी कनाडा में 21° तक की ऊँची मात्रा में मिलता है।

इस कटिबंध के उष्णकटिबंधीय किनारे के समीप ग्रीष्म एवं शिशिर की ऋतुएँ कटाके की नहीं होती हैं, और बसन्त एवं पतझड़ लम्बी होती हैं। इसके विपरीत (भूमध्यरेखीय किनारों के विपरीत), ध्रुववर्ती किनारों की ओर ग्रीष्म और जाड़े के बीच महान अन्तर होता है, और इन ऋतुओं के बीच की ऋतुएँ अर्थात् बसन्त एवं पतझड़ अपेक्षाकृत छोटी होती हैं। अतः इस कटिबंध के विभिन्न भागों में पौधा के बढ़ने की ऋतु की लम्बाई में अत्यधिक अन्तर होता है जिसका जीवन पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है।

तापमान की विभिन्नताओं का मापनी माप वषा में भी पर्याप्त विभिन्नताएँ मिलती हैं। इन कटिबंधों में ऋतु से सम्बन्ध रखने वाली दो सामान्य वर्षा होती हैं, जैसे—(१) समुद्री अथवा जाड़े की वर्षा (Marine or winter type), और (२) महाद्वीपीय या ग्रीष्म की वर्षा (Continental or summer type)। सामान्यतः पवनाभिमुख तट और द्वीप पहले प्रकार की वर्षा पाते हैं, जबकि भीतरी और प्रतिवातीय (leeward) तट द्वितीय प्रकार की वर्षा पाते हैं।

दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबंध (South temperate zone)—इस कटिबंध में स्थल का विस्तार पर्याप्त सीमित है और उत्तरी कटिबंध के उन्हीं अक्षांशों की जनवायु की अपेक्षा कम परिवर्तनशील है।

जलवायु के प्रकार (Types of Climate)

दोनों गोलार्द्धों के मध्यवर्ती कटिबन्धों में जलवायु के मुख्य प्रकारों के आधार ये हैं - (१) स्थल एवं जल का वितरण, (२) पवने, और (३) ऊँचाई। सूर्यताप के साथ ये कारक तापमान एवं वर्षा दोनों का ही नियन्त्रण करते हैं। यहाँ की जलवायु के मुख्य मान्य प्रकार निम्न हैं - (१) निम्न अक्षांशों में पवनाभिमुख तटों की उप-उष्णकटिबन्धीय जलवायु (sub-tropical type); (२) उच्च अक्षांशों में (40° से ऊपर) पवनाभिमुख तटों पर प्रचलित जलवायु; (३) महाद्वीपों के भीतरी भागों में पायी जाने वाली जलवायु; और अन्तिम (४) ऊँचाई द्वारा उत्पन्न परिवर्तन, मुख्यतः (३) के।

१. निम्न अक्षांशों (40° से नीचे) पवनाभिमुख तट (Windward Coasts in Low (Below 40°) Latitudes)

लक्षण और वितरण (Character and distribution—उप-उष्णकटिबन्धीय प्रकार की जलवायु की मुख्य विशेषता यह है कि वहाँ का तापमान मध्यम रहता है तथा वार्षिक विस्तार अति थोड़ा और दैनिक विस्तार अति दीर्घ होता है। इन सम्बन्धों में यह उष्णकटिबन्धीय जलवायु से मिलती है। अधिकांश स्थानों में वर्षा वास्तव में हलकी होती है (चित्र ५३३) किन्तु जाड़ों में अधिकतम होती है। ग्रीष्म ऋतु शुष्क रहती है। जाड़ों में अच्छी धूप निकलती है और बादल भी खूब होते हैं।

इस प्रकार की जलवायु द्वारा प्रभावित तटों के कुछ भाग वारी-वारी से व्यापारिक पवनों, उच्च दबाव की उष्णकटिबन्ध की पेटियों और पछुवा पवनों से प्रभावित होते हैं। लगभग 25° और 40° की समानान्तर रेखाओं के बीच महाद्वीपों के पश्चिमी (पवनाभिमुख) तटों और द्वीपों पर इस प्रकार की जलवायु का सर्वोत्तम विकास होता है, और इसका व्यापक विस्तार भूमध्यसागर के चारों ओर, पश्चिम में स्पेन से लेकर इटली और बालकन प्रायद्वीप के दक्षिणी भाग के मध्य से होकर पश्चिमी एशिया तक में, और अफ्रीका के उत्तरी भाग के ऊपर तक पाया जाता है। भूमध्यसागर के चारों ओर इस प्रकार की जलवायु का विस्तार अति व्यापक होता है। अतः इस प्रकार की जलवायु का नाम 'भूमध्यसागरीय जलवायु' (Mediterranean Climate) पड़ गया है। उत्तरी अमरीका में इस प्रकार की जलवायु प्रायः सैनफ्रांसिस्को के दक्षिण में कैलीफोर्निया के तटीय भाग तक सीमित है। दक्षिणी कैलीफोर्निया की जलवायु इस प्रकार की जलवायु को समझने के लिए ली जा सकती है।

दक्षिणी कैलीफोर्निया (Southern California)—जाड़े की ऋतु में पवनों की पेटियों के दक्षिण की ओर खिसक आने के कारण दक्षिणी कैलीफोर्निया पछुवा पवनों के प्रभाव में आ जाता है, और ग्रीष्म ऋतु में पवनों की पेटियों के उत्तर की ओर खिसक जाने के कारण यह देश क्रमशः (१) अत्यधिक निर्वहल पछुवा पवन

(२) उष्णकटिबंध की उच्च दाब की पेट्टी, और (३) व्यापारिक पवनों के उत्तरी किनारे, के प्रभाव में आ जाता है।

तापमान (Temperature)—यहां का जलवायु, उष्णकटिबंध के समान उच्च तापमानों की निरंतरता (Continuation) को लम्बी दूरी से रोकने के लिए पर्याप्त ऊँचा है। साथ ही साथ समुद्र की निकटता उन ऋतु सम्बन्धी उच्चतम दशाओं को रोकती है जो मध्यवर्ती कटिबंध के अन्तर्भागों की विशेषता है। उन स्थानों में जिनकी ऊँचाई कम है, बर्फ नहीं गिर पाती, और दैनिक तापमान का अन्तर प्रायः औसत वार्षिक तापान्तर में अधिक रहता है। सामान्यतः दक्षिणी कैलीफोर्निया का तापमान बहुत कुछ मध्यम ऊँचाइयों पर उष्णकटिबंधीय स्थानों के तापमान के समान होता है।

कुछ वाता में उप उष्णकटिबंधीय जलवायु समार की सर्वोत्तम प्रकार की जलवायु होती है, और इसके वृषण के समय प्रायः यह कहा जाता है कि यहाँ 'मदैव वसन्त' (perpetual spring) ऋतु रहती है। इन क्षेत्रों की जलवायु बड़ी ही स्वास्थ्यप्रद होती है, जैसा कि दक्षिणी कैलीफोर्निया की सर्वप्रिय जलवायु में पाता होता है, जहाँ पर (कैलीफोर्निया में) दक्षिणी फ्राम और उत्तरी इटली के रिवीरिया (Riviera) के प्रसिद्ध आश्रय (resorts) की ही भाँति छोटे पैमाने पर, पसादेना (Pasadena), रिवरसाइड (Riverside), सैन डीगो (San Diego) और अन्य नगर स्थापित किये गये हैं। धूपयुक्त जाकाश (सैन डीगो के लिए ६८ प्रतिशत) इन स्थानों को सर्वप्रिय (popular) बनाने में बहुत सहायता पहुँचाता है, विशेषकर जाड़ा में। शुष्क ग्रीष्म ऋतु के पतन न आने के कारण (१) गर्मी, (२) वनस्पति का सूख जाना और (३) कुहरा एवं धूल आदि हो सकते हैं। शुष्क ऋतु में स्थान-स्थान पर कुहरे दूधने व्यापक होत हैं कि उस समय कम से कम धूप होती है।

सैन डीगो का निम्नतम तापमान ३२° फा० तक और उच्चतम तापमान १०१° फा० रहता है। इस प्रकार की विभिन्नताएँ उन उष्णकटिबंधीय स्थानों की विशेषताएँ होती हैं जहाँ औसत वार्षिक तापान्तर १५° या २०° से अधिक नहीं होता है। स्थान के भीतरी भाग अधिक औसत तापान्तर और पर्याप्त स्पष्ट उच्चतम दशाओं को पकड़ करते हैं क्योंकि वे समुद्र से दूर हैं। उनके अधिकतम माध्य तापमान ऊँचे और निम्नतम माध्य तापमान नीचे हैं, तथा उच्च एवं निम्न दोनों ही प्रकार के तापमान बार-बार होते रहते हैं।

वर्षा (Rainfall)—दक्षिणी कैलीफोर्निया में भी, उन्नीसवीं की ही दशा वाले अन्य अधिकांश स्थानों की ही तरह (चित्र ५८४), अवक्षेपण की मात्रा कम है। यह मात्रा जाड़ों में स्पष्ट रूप से अधिकतम होती है। ग्रीष्म ऋतु प्रायः समय विशेष पर वर्षाहीन होती है और यह समय एक स्थान से दूसरे स्थान तक पर्याप्त बदल जाता है। कैलीफोर्निया की भीतरी घाटी निरन्तर सूखी रहती है क्योंकि वर्षा ऋतु में भी तटीय पवत श्रेणियाँ महासागर से आती हुई पवना की नमी का ने लेती हैं। शुष्कता के कारण घाटी का दैनिक तापान्तर बढ़ जाता है।

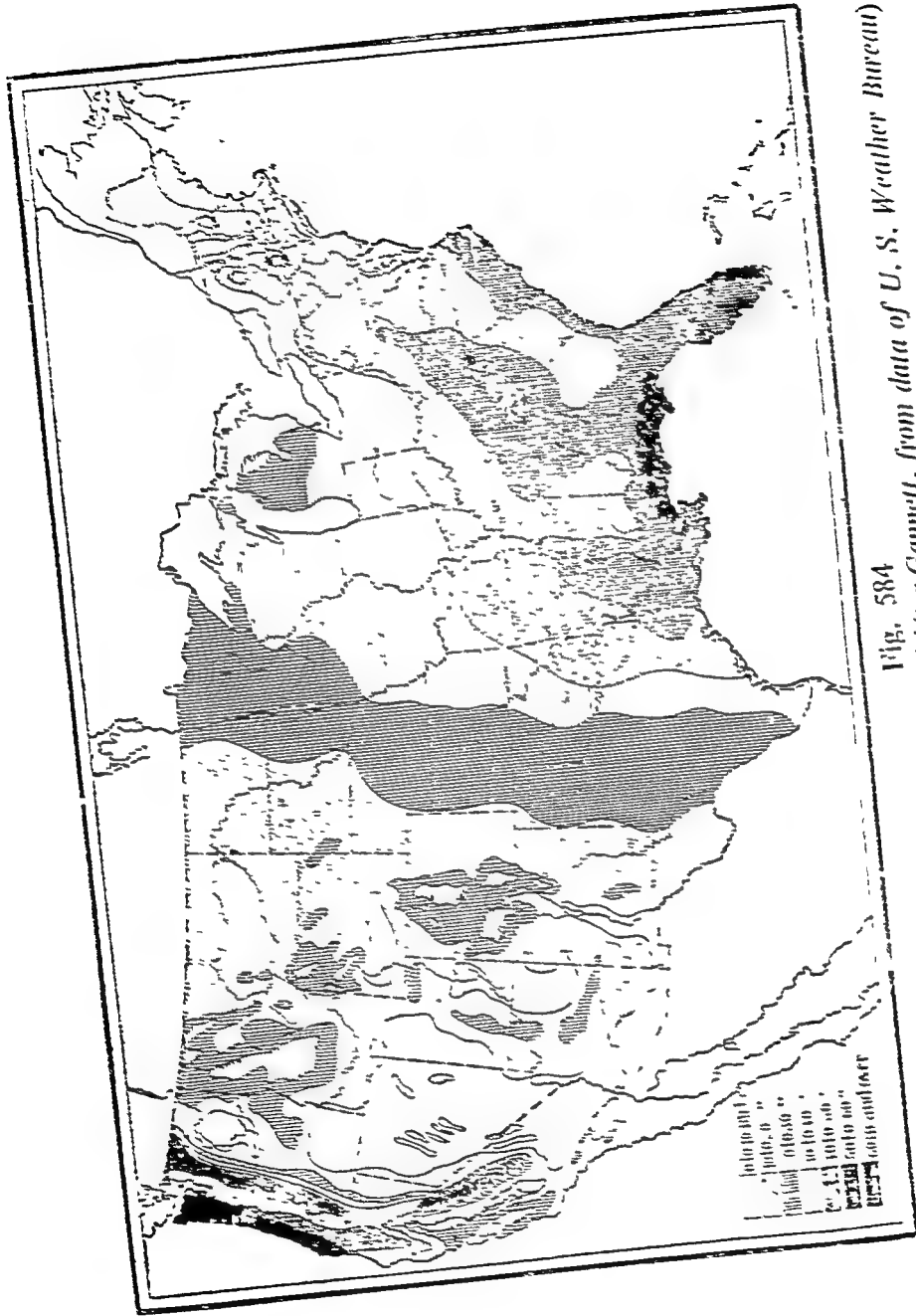


Fig. 584
Mean annual rainfall in the United States. (After Gannett, from data of U. S. Weather Bureau)

वनस्पति जीवन (Plant life)—शुष्क ऋतु में यदि सिंचाई न हो तो वनस्पति सूख जाती है। दक्षिणी कैलीफोर्निया, दक्षिणी यूरोप, पश्चिमी एशिया एवं उत्तरी अमरीका के अनुकूल भागों में जहाँ जल मिल सकता है वहाँ अनुकूल तापमान के कारण विस्तृत सिंचाई की जाती है, किंतु इन अक्षांशों की अनेक फसमें वर्षा ऋतु में उगायी जाती है और वसंत के अंत अथवा ग्रीष्म के आरम्भ में काट ली जाती है।

२ ४०° से ऊपर के अक्षांशों के पवनान्निमुख तट, समुद्री जलवायु (Windward Coasts in Latitudes above 40°, Marine Climate)

स्थिति (Location)—इस उद्दिष्ट में समुद्री प्रकार की जलवायु महासागरों से स्थलों की ओर बहने वाली प्रचलित पछुवा पवनों द्वारा नियंत्रित रहती है। जलवायु शीतल, आद्र एवं वर्षायुक्त है। इस क्षेत्र में निचले अक्षांशों का उप उष्णकटिबंधीय प्रकार की जलवायु (भूमध्यसागरीय जलवायु) में क्रमिक परिवर्तन होता है और कुछ बातों में दोनों ही प्रकारों की जलवायु बहुत भिन्न नहीं है।

इस जलवायु का सर्वोत्तम विकास पश्चिमी गोलाध्र में (१) चिली में, ४०° अक्षांश के दक्षिण, और (२) सैनफ्रान्सिस्को से उत्तरी ध्रुवीय वृत्त (North Arctic Circle) तक, तट में साध साध होता है। ऐसी जलवायु नीची तटीय श्रेणियों के पूर्व में पर्याप्त बदल जाती है।

पूर्वी गोलार्ध में स्थित अफ्रीका और ऑस्ट्रेलिया इन अक्षांशों में नहीं आते, किंतु तस्मानिया का कुछ भाग और न्यूजीलैंड के अधिकांश भागों को यह जलवायु प्रभावित करती है। यह यूरोप के पश्चिमी तटों का फ्रांस से लेकर आर्क्टिक वृत्त तक प्रभावित करती है, और तट के भीतर दूर तक भी विस्तृत है क्योंकि तट पर कोई ऐसी अटूट पर्वत श्रेणी उत्तर से दक्षिण की दिशा में नहीं फैली हुई है जो पछुवा पवनों की नमी को ले ले। यूरोप के तट के समीप समुद्री दशाओं से, तट से दूर महाद्वीपीय दशाओं का परिवर्तन अति मंद है। तट से पूर्व की ओर वार्षिक वर्षा क्रमशः कम होती जाती है, जाड़ा की अधिकतम वर्षा का स्थान बसंत और ग्रीष्म की अधिकतम वर्षा ग्रहण करती जाती है, और तापमान के विस्तार एवं चरमताएँ (extremes) अधिक स्पष्ट हो जाती हैं। उत्तरी अटलांटिक महासागर के मध्यवर्ती एवं पूर्वी भागों के सापेक्षित उच्च तापमान के कारण पश्चिमी यूरोप की जलवायु पर पछुवा पवनों का मंद मंद प्रभाव पड़ जाता है।

तापमान (Temperature)—अब स्थानों में उही अक्षांशों की अपेक्षा तापमान की विभिन्नताएँ कम हैं। उदाहरण के लिए, सिकता (Sikta), अलास्का, ५७° अक्षांश का औसत वार्षिक तापान्तर केवल २१° है जो उष्णकटिबंध के कुछ भागों में पाये जाने वाले तापान्तरों से शायद ही अधिक होता है और फारो (Faroe) द्वीप में ६२° अक्षांश पर स्थित थोरशेवन (Thorshaven) स्थान का तापान्तर केवल १४२° ही है। इस सम्बन्ध में, इस प्रकार की जलवायु उप

उष्णकटिबन्धीय (sub-tropical) प्रकार की जलवायु से मिलती-जुलती है, यद्यपि वास्तविक तापमान नीचे होते हैं। यह मध्यवर्ती कटिबन्ध की सर्वाधिक समशीतोष्ण जलवायु है।

जिन प्रदेशों में समुद्री जलवायु होती है, वहाँ पर जाड़े मृदु (mild) और ग्रीष्म शीतल होती हैं, और उनके औसत वार्षिक तापमान उसी अक्षांश में अन्य प्रदेशों के तापमानों की अपेक्षा ऊँचे होते हैं। आयरलैण्ड सम्भवतः इस दशा का सर्वोत्तम उदाहरण है, जो अपने 55° अक्षांश के लिए सामान्य की अपेक्षा 30° या 40° अधिक गरम (वार्षिक औसत) है।

वर्षा एवं आर्द्रता (Rainfall and humidity)—जिन स्थानों में पछुवा पवने पूर्ण रूप से पहुँच पाती है, वहाँ जाड़े की ऋतु में जब स्थल समुद्र की अपेक्षा अधिक शीतल रहता है, अधिक वर्षा होती है। ग्रीष्म ऋतु में निचले स्थल महासागर की अपेक्षा अधिक ओष्ण (warm) रहते हैं और थोड़ी सी वर्षा पाते हैं, यद्यपि शुष्क ऋतु निचले अक्षांशों की अपेक्षा अति छोटी होती है। मध्यवर्ती कटिबन्ध में पश्चिमी पर्वतीय तटों पर भारी वर्षा, उच्च आर्द्रता और अधिक बदली (cloudiness) वर्ष भर मिलती है। कुछ स्थानों में कुहरा प्रायः प्रतिदिन होता है, अलास्का तट जैसे कई एक ऐसे स्थान हैं जहाँ वे निरन्तर कई सप्ताहों तक बने रहते हैं। वाष्पीकरण अत्यन्त नीचा रहता है। यद्यपि अधिकतम अवक्षेपण जाड़ों में होता है, तथापि उच्च उच्चताओं के अतिरिक्त, वह हिम के रूप में नहीं होता है। समुद्री जलवायु घने जंगलों की उपज के लिए अनुकूल होती है। उत्तरी-पश्चिमी संयुक्त राज्य में उसके उत्तम उदाहरण मिलते हैं।

३. महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climate)

प्रभावित प्रदेश (Regions affected)—इस प्रकार की जलवायु, जैसा कि इसके नाम से प्रकट है, पवनाभिमुख तटों से भीतर की ओर भीतरी भागों में मिलती है, किन्तु इसकी दूरी निश्चित नहीं है। हमने देखा है कि समुद्री जलवायु यूरोप के पश्चिमी तट से भीतर दूर तक फैली हुई है, क्योंकि तट के समीप कोई ऊँचे पर्वत नहीं है और अमरीका के पश्चिमी तट से यह केवल एक थोड़ी सी ही दूरी तक विस्तृत है, क्योंकि उसके निकट उच्च पर्वत स्थित हैं।

दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपीय जलवायु केवल दक्षिणी अर्जेंटाइना में पायी जाती है। इसके विपरीत, उत्तरी अमरीका और यूरेशिया वास्तव में उच्च अक्षांशों में चौड़े हैं (चित्र ५८३), और इस कारण विस्तृत क्षेत्रों में वहाँ महाद्वीपीय जलवायु मिलती है। उत्तरी अमरीका में, पश्चिमी तट की समुद्री जलवायु और अन्तिम पश्चिमी उच्च पर्वतों के पूर्व की महाद्वीपीय जलवायु के बीच एक तीव्र व्यतिरेक (contrast—अन्तर) मिलता है। महाद्वीपीय जलवायु संयुक्त राज्य और कनाडा के अधिकांश भाग को प्रभावित करती है। यूरेशिया में पहले कही गयी परिस्थितियों के कारण पश्चिमी यूरोप की समुद्री जलवायु क्रमशः महाद्वीपीय

जलवायु में बदल जाती है जो हम और उसके पूर्व न स्थला का प्रभावित करती है।

तापमान (Temperature)—महाद्वीपीय जलवायु की एक मुख्य विशेषता यह है कि वहाँ पर के तापमान अपनी चरम सीमाओं तक पहुँचा करत है। इन सीमाओं का कारण यह है कि जल की अपेक्षा स्थल अत्यधिक शीघ्रता से ऊष्मा का शोषण एवं विकिरण (radiation) करता है। जाड़े शीतल होने हैं, और अक्षांश एवं समुद्र से पवनाभिमुख की ओर बढ़ती हुई दूरी के साथ शीत बढ़ता जाता है। उत्तरी अमरीका में 49° अक्षांश पर निम्नतम तापमान -30° फा० के लगभग है और कटिबंध की उत्तरी सीमा के निकट -60° या इससे भी कम अंश पर पहुँच जाते हैं। उत्तरी पूर्वी एशिया में एक विशाल क्षेत्रफल, महासागर से अनि दूर पवनाभिमुख की ओर, जाड़ों में अत्यंत निम्न तापमान रखता है। संयुक्त राज्य के अत्यंत उत्तरी भाग में, और ऊँचे पर्वतों पर (वहाँ भी केवल कभी कभी ही), के अतिरिक्त तापमान 40° तक कभी नहीं गिरता है। किंतु, गल्फ-प्रदेश का छोड़कर, प्रशांत तट के पूर्व कोई भी ऐसा विशाल क्षेत्र नहीं है जहाँ वर्ष प्रति हिमांक के 10° से 20° तक नीचे तापमान न होने हो।

ग्रीष्म ऋतु उष्ण होती है। जुलाई के 60° के तापमान कटिबंध (मध्यवर्ती) की उत्तरी सीमा के परे तक भी पाय जाते हैं, यहाँ तक कि 40° और 50° तक के अधिकतम तापमान आर्कटिक वृत्त (Arctic Circle) के निकट तक पाये जाते हैं। कटिबंध के दक्षिणी भाग में ग्रीष्म के तापमान उष्णकटिबंधीय तापमानों के समान होते हैं।

उत्तरी मध्यवर्ती कटिबंध के विशेषकर उत्तरी भाग में वार्षिक तापान्तर अनि विशाल होता है। उत्तर-पश्चिमी कनाडा में वर्ष के निम्नतम एवं उच्चतम तापमानों के बीच का अंतर 150° फा० तक, और उत्तर पूर्वी एशिया में 140° फा० तक जाता है। निचले अक्षांशों में चरमताएँ (extremes) इतनी विशाल नहीं हैं, जाड़े हल्के (mild) होते हैं और गर्मी की ऋतु यद्यपि लम्बी होती है किंतु अधिक ओष्ण (warm) नहीं होती। संयुक्त राज्य के दक्षिणी राज्यों में कबल थोड़ा सा ही क्षेत्रफल ऐसा है जहाँ पर कभी ही 100° में ऊपर तापमान जाता है, कटिबंध के अधिकांश भागों में अधिकतम माध्य तापमान 80° से कम रहता है, अथवा आर्कटिक वृत्त के समीप समय समय पर नाप गये तापमानों की अपेक्षा उँच नहीं है।

चक्रवातीय प्रभाव (Cyclonic influence)—महाद्वीपीय जलवायु की दूसरी प्रसिद्ध विशेषता दिन प्रतिदिन के मौसम की विषमता (variability) होती है। चक्रवात एवं प्रतिचक्रवात प्रायः प्रचलित पछुवा पवनों के माग में बाधा उपस्थित करते हैं, इस कारण स्वच्छ ग्रीष्म का मौसम ठण्डा हो जाता है अथवा जाड़े के दिनों में बड़ाके का जाड़ा पटन लगता है, सूखे दिनों में बादल छा जाते हैं, अथवा गर्मी के दिनों में घोर गरमी बढ़ जाती है, अथवा जाड़े के दिनों में सरदी कम हो जाती है।

आर्द्र दिनों में परिवर्तन हो उठते हैं, अथवा बार-बार आने वाले तूफानों (storms) के कारण एक या दो ही दिनों में पवने चारों ओर से चलने लगती हैं, और प्रत्येक पवन अपने साथ अपनी विशेष मौसमी दशाओं को ले आती है। जाड़ों में प्रतिचक्रवात की उत्तरी पवनें कटिवन्ध के लगभग दक्षिणी किनारे तक हिमांक तापमानों को ले आती हैं। इसके विपरीत, दक्षिणी पवनें ओष्ण (warm) पवनों को उच्च अक्षांशों तक ले आती हैं, और वे मध्य जाड़ों में भी अस्थायी रूप से ग्रीष्म ऋतु के समान तापमान उत्पन्न कर सकती हैं; यह परिवर्तन न्यूयार्क एवं शिकागो जैसे उत्तरी नगरों तक भी पहुँच जाता है।

वर्षा (Rainfall)—महाद्वीपीय जलवायु का एक तीसरा महत्त्वपूर्ण तत्त्व उमकी वर्षा है, जो पर्याप्त परिवर्तनशील होती है; किन्तु सामान्यतः वह या तो मध्यम होती है या कम (scanty) (चित्र ५३३ और ५८४)। एक वर्ष में १०० सेण्टीमीटर (४० इंच) से अधिक वर्षा कहीं भी नहीं होती है, और अधिकांश वर्षा वसन्त तथा ग्रीष्म में ही होती है। यह बात महत्त्वपूर्ण है कि अधिकतम वर्षा उस समय होती है जबकि तापमान पौधों के विकास के लिए अनुकूल होता है।

यूरेजिया महाद्वीप एक ऐसा महाद्वीप है जो यह प्रकट करता है कि वर्षा पर पवनाभिमुख तट से दूरी का प्रभाव पड़ा करता है। ब्रिटिश द्वीपों के पश्चिमी ढालों पर वार्षिक वर्षा २०० सेण्टीमीटर (८० इंच) अथवा इससे अधिक होती है; जर्मनी और पश्चिमी रूस में ५० सेण्टीमीटर (२० इंच) से ७५ सेण्टीमीटर (३० इंच) तक वर्षा होती है; पूर्वी रूस और पश्चिमी साइबेरिया में ३५ सेण्टीमीटर और ५० सेण्टीमीटर (१५ और २० इंच) के बीच वर्षा होती है, जबकि मध्य एवं पूर्वी साइबेरिया के विशाल क्षेत्रों में वह २५ सेण्टीमीटर (१० इंच) में भी कम होती है।

शुष्क एवं आर्द्र भीतरी भाग (Arid and humid interiors)—वर्षा के आवार पर महाद्वीपीय जलवायु के दो प्रधान उप-विभाग (sub-divisions) हैं—एक आर्द्र, और दूसरा शुष्क। ये प्रकार वहाँ पर एक-दूसरे से मिल जाते हैं जहाँ जलवायु अर्द्ध-शुष्क (semi-arid) है। जंगल आर्द्र जलवायु की विशेषता है, किन्तु जहाँ जलवायु अर्द्ध-शुष्क है वहाँ जंगलों के स्थान में घास के मैदान हैं, तथा जहाँ वर्षा बहुत ही कम होती है वहाँ मरुस्थल हैं। एक सामान्य रूप में महासागर में पवनाभिमुख की ओर बढ़ती हुई दूरी के साथ आर्द्रता घटती जाती है, किन्तु स्थल की आकृति एवं चक्रवातीय तूफान इस सामान्य सम्बन्ध को बदल देते हैं। महाद्वीपीय जलवायु में ऊँचाई भी एक महत्त्वपूर्ण कारक होती है, विशेषतः शुष्क प्रदेशों में, क्योंकि पठार अवक्षेपण को बढ़ा देते हैं।

केवल कुछ मन्द आपरिवर्तन (modification) के साथ महाद्वीपीय जलवायु पूर्व की ओर महासागरों तक विस्तृत है। पूर्वी समुद्र-तट के निकट तापमानों के अन्तर कुछ कम हैं और वर्षा कुछ अधिक होती है (चित्र ५३३)।

समुक्त राज्य मे महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climates in the United States)

समुक्त राज्य के भीतरी भाग को निम्न भाग में विभाजित किया जा सकता है—(१) शुष्क प्रदेश (चित्र ५८४), मुख्यतः पश्चिम में सियरा नेवादा और कामकड पर्वतों तथा पूर्व में राकी पर्वतों के बीच का भाग, (२) राकी पर्वतों तथा ६८° से १००° देशांतरों के बीच अर्द्धशुष्क प्रदेश, और (३) आर्द्र प्रदेश, जो और भी अधिक पूर्व की ओर है। इन सभी प्रदेशों में ऊष्मा एक शीत अपनी चरम अवस्था (extreme) पर होते हैं। यहां के चक्रवातों और प्रतिचक्रवातों के कारण ये प्रदेश दिन प्रतिदिन तापमान एक आद्रता के महान परिवर्तन को भी उपस्थित करते हैं। तीनों ही प्रदेशों में वर्षा की मात्रा के अंतर के कारण जीवन की दशाएँ भी भिन्न हैं।

(१) शुष्क प्रदेश (Arid Region)—शुष्क प्रदेश का पश्चिमी किनारा पश्चिमी तट के समीप है, क्योंकि उच्च पवन (मियरा और कासकेड) उस अधिकांश आद्रता का रास्ता लेते हैं जो उनकी गैरहाजिरी में पछुवा पवनों द्वारा भीतरी स्थलांतरण पहुँचायी जा सकती है। शुष्क पट्टी में औसत वार्षिक वर्षा ३५ सेंटीमीटर (१४ इंच), और विशाल रेग के ऊपर २५ सेंटीमीटर (१० इंच) से कम है (चित्र ५३३)। धूप वर्ष भर चमकती है, आपत्तिक आद्रता कम है, और वाष्पीकरण ऊँचा है। चाहे दिन भले ही गरम रहे, रातें साधारणतया शीतल होती हैं किन्तु आद्रता इतनी कम होती है कि सवेरा तापमान (sensible temperature—नैय तापमान) बहुत ऊँचे नहीं हो पाते हैं। जहाँ तक आराम का प्रश्न है, शुष्क प्रदेश का तापमान रचिकर है।

(२) अर्द्धशुष्क प्रदेश (The semi arid region)—अर्द्धशुष्क प्रदेश (चित्र ५८४) में वार्षिक वर्षा ३५ सेंटीमीटर और ५० सेंटीमीटर (१५ और २० इंच) के बीच में होती है, और वह अधिकांश में बसंत और ग्रीष्म ऋतु में होती है। यहां उच्च पर्वतों का अभाव है, अतः ऊँचाई के परिणामस्वरूप अवक्षेपण में विशेष वृद्धि नहीं होती है, और जंगलों का साधारणतया अभाव ही है। प्रदेश धूपदार है, और तापमान गरमी में उच्च तथा जाड़ों में नीचा रहता है। किन्तु वायु की शुष्कता चरमताओं के सबब प्रभाव (the sensible effects of the extremes) का मध्यम बना देती है। दैनिक तापान्तर अधिक है। दश का खुला हुआ स्वरूप (देश का पहाड़ों आदि से विशेष रूप में घिरा न होना) वायुमण्डल की स्वतन्त्र गति के अनुकूल है, और मध्यम से उच्च वर्ग तक की उचित मात्रा की स्थायी पवनों प्रदेश के अधिकांश भागों की विशेषता है।

(३) आर्द्र प्रदेश (The humid region)—अर्द्धशुष्क प्रदेश पूर्व का और बढ़ते-बढ़ते क्रमशः आर्द्र प्रदेश में मिल जाता है (चित्र ५८४)। दाना प्रदेशों के तापमान असमान नहीं है, किन्तु आर्द्र प्रदेश में बदली (cloudiness) एक आद्रता अधिक है और वाष्पीकरण कम होता है, अतः सवेरा तापमान (sensible tempe

ratures) ग्रीष्म में उच्च तथा जाड़ों में नीचे रहते हैं। अवक्षेपण शायद ही कभी इतना नीचा होता है कि वह वर्ष में ५० सेण्टीमीटर (२० इंच) हो जाए। अधिकांश अवक्षेपण ग्रीष्म ऋतु में होता है। जिन फसलों के लिए सिंचाई की आवश्यकता नहीं होती, उनके लिए आवश्यक वर्षा की मात्रा अक्षांश के साथ बदलती है। डाकोटा की अपेक्षा ओकलेहामा में अधिक वर्षा की आवश्यकता होती है क्योंकि प्रथम (डाकोटा) का उच्च तापमान अधिक वाष्पीकरण का कारण बन जाता है। इस प्रदेश के पश्चिमी भाग में नदियों के नितलो (bottoms) में वृक्ष उगते हैं। पूर्व की ओर वे अधिक मात्रा में होते हैं। विशाल क्षेत्रों के ऊपर जंगल मिलते हैं (अथवा किसी समय में थे)। पूरे आर्द्र प्रदेश में बोयी गयी फसलों के लिए, केवल असामान्य शुष्क वर्षों को छोड़कर, वर्षा काफी हो जाती है।

इस कटिबन्ध के प्रायः सभी अक्षांशों में पूर्वी तटों के समीप के स्थल, सागर-समीर के लाभदायक प्रभावों का अनुभव करते हैं। ऊँचे अक्षांशों में महासागर तटीय स्थलों के तापमान को, मुख्यतः ग्रीष्म में तापमान के गिराव द्वारा, जो पूर्व से बार-बार चलने वाली पवनों (सागर-समीरों एवं चक्रवातीय पवनों) के कारण होता है, प्रभावित करता है। उदाहरण के लिए, लेब्रडोर (Labrador) का जुलाई का माध्य विनोपेग झील के उत्तरी सिरे पर की अपेक्षा 13° या 14° नीचा होता है।

संयुक्त राज्य के पूर्वी तट पर जो कारण तापमान को नीचा करने में सहायता करते हैं और वर्षा को बढ़ाते हैं, वे ही कारण बदली एवं कुहरे की भी वृद्धि करते हैं। जिन स्थानों पर समुद्र का पर्याप्त प्रभाव होता है (जैसे न्यूफाउण्डलैंड) वहाँ पर पश्चिमी तटों की समुद्री जलवायु की भाँति आर्द्रता, बदली और कुहरे की दशाएँ व्याप्त हैं। अतः तट के निकट महाद्वीपीय जलवायु कुछ बदली हुई होती है, किन्तु पूर्व की ओर स्थित सागर के प्रभाव भीतरी भागों में दूर तक विस्तृत नहीं है।

इस देश के भीतरी भाग में सम्पूर्ण आर्द्र भाग वसन्त के अन्त और पतझड़ के आरम्भ में अचानक ही पड़ जाने वाले तुषार (frost) के लिए खुला हुआ है, और दोनों ही दशाओं में फसलों को पर्याप्त हानि पहुँच सकती है। इसका दक्षिण-पश्चिमी भाग दक्षिण से आने वाली उष्ण पवनों के लिए खुला हुआ है, जो अपवाद-पूर्ण परिस्थितियों में वनस्पति को सुखा देती है और उसको नष्ट कर देती है। सूखा पड़ जाना साधारण घटना है, परन्तु मानसूनी देशों की अपेक्षा कम होते हैं और कम व्यापक हैं। प्रायः प्रत्येक वर्ष संयुक्त राज्य के आर्द्र भाग का कोई न कोई हिस्सा वर्षा के अभाव से पीड़ित रहता है, किन्तु भीषण सूखा (अनावृष्टि) से शायद ही कोई विशाल भाग, अथवा बार-बार वही भाग, प्रभावित होता है। इसके विपरीत, भारत के समान मानसूनी देशों में एक ही समय में कोई विशाल भू-भाग अनावृष्टि में पीड़ित हो सकता है, और एक ही भू-भाग की निरन्तर कई वर्षों तक भी यही दशा हो सकती है। जलवायु की चरम अवस्था (extreme) के होते हुए भी मध्य एवं पूर्वी संयुक्त राज्य, अधिकांशतः इसकी विश्वास के योग्य वर्षा के ही कारण,

एक अति अनुकूल कृषि प्रदेश है। जलवायु की दृष्टि से इसे किसी भी विशाल दश की सबथेष्ठ स्थिति प्राप्त है।

४ पर्वतीय जलवायु (Mountain Climates)

तापमान (Temperature)—तापमान पर ऊँचाई का प्रभाव इस तथ्य द्वारा प्रकट है कि पेंसिलवेनिया के पठारी भाग में, 60° से 42° अक्षांश के भीतर, ६०० मीटर (२,००० फुट) की ऊँचाई पर अनाज के पकन का विश्वास नहीं किया जा सकता है। पश्चिम के सूखे भाग में जाओण (warm) और धूपदार है, सिंचाई द्वारा पर्याप्त ऊँचाइयों पर भी (ग्रेट साल्ट लैक के चारों ओर १,२०० मीटर अथवा ४,००० फुट की ऊँचाई पर) अनाज पक जाएगा। संयुक्त राज्य में वृक्ष सीमा (timber line—वृक्षा की ऊपरी सीमा) दक्षिण में लगभग ३,३०० मीटर (११,००० फुट) की ऊँचाई से लेकर उत्तर में २,१०० मीटर या २,४०० मीटर (७,००० या ८,००० फुट) तक के बीच में मिलती है, और जिस स्तर पर अधिकांश समय हिम रहती है वह इन सीमाओं से अधिक ऊपर नहीं है। जहाँ तक कृषि का प्रश्न है, समशीतोष्ण कटिबंध के ऊँचे भू भाग कृषि के लिए अयोग्य हैं।

अवक्षेपण (Precipitation)—समशीतोष्ण कटिबंध में वर्षा के ऊपर ऊँचाई का वही प्रभाव होता है जैसा कि अथ म्यान्मा में हुआ करता है। ऊँचाई अवक्षेपण की मात्रा को बढ़ा देती है और शीत के रूप में गिरने वाला अवक्षेपण का अनुपात बढ़ जाता है, उदाहरण के लिए, लगभग ३० मीटर (१०० फुट) की ऊँचाई पर, बाल्टीमोर के वार्षिक हिमपात का आसन्न लगभग ६० सेंटीमीटर (२४ इंच) है, जबकि ग्रांट्सविले, एम डी (Grantsville, Md), की १,०२० मीटर (३,४०० फुट) की ऊँचाई पर १७५ सेंटीमीटर (७१ इंच) है। सैक्रामेण्टो, कैल (Sacramento, Cal) के पृथ्वी में दक्षिणी पक्षिक रेलमार्ग द्वारा पार किए जाने वाले दर्रे का शीर्ष (summit) (जिसकी ऊँचाई २,१०६ मीटर अथवा ७,०१७ फुट है) का औसत हिमपात प्रति वर्ष १,०८५ सेंटीमीटर (४३३ इंच) है, जबकि पश्चिम का जंगल निचली भूमि पर सैक्रामेण्टो में प्रति वर्ष हिम का केवल एक चिह्न ही मिलता है।

जाड़ा का हिमपात अनेक नदियों के बहाव में एक महत्वपूर्ण साधन होता है। कुछ दशांश में जाड़े एवं बसन्त की विनाशकारी बाढ़ें इसी हिमपात के ही कारण आती हैं, और अथ दशांश में पिघलती हुई हिम का जल (१) जल-विद्युत के विकास, (२) नाव चलाने के लिए पर्याप्त गहरे जल को बनाय रखने, और (३) सिंचाई में पूर्ण सहायक होता है। जाड़ा का भारी हिमपात और हिम स्खलन (snowslides) उन रेलमार्गों के लिए सम्भीर समस्या उत्पन्न करने हैं जो या तो ऊँचाइयों पर हैं या पर्वतों के आसपास पर हैं। पर्वतों की गोदी में स्थित खानों (mines) के आसपास हिम का खिसकना एक भयावनी वस्तु है क्योंकि उसने अनेक पहाड़ी गावों का विनाश किया है।

तापमान एवं वर्षा की पर्वतीय दशाएँ उन जंगलों के अनुकूल होती हैं जो उन ऊँचाइयों से भी पर्याप्त अधिक ऊँचाइयों पर उगते हैं जिन पर फसले नहीं उग पाती। शुष्क प्रदेशों में भी कुछ क्षेत्र १,५०० मीटर (५,००० फुट) की ऊँचाई से लेकर १,८०० मीटर (६,००० फुट) की ऊँचाई तक इतनी पर्याप्त वर्षा पा जाते हैं कि वहाँ पर व्यापारिक महत्त्व के जंगल पनप जाते हैं।

ध्रुवीय क्षेत्रों की जलवायु (Climate of Polar Regions)

सामान्य विचार (General Consideration)

ध्रुवीय प्रदेशों का विस्तार (Extent of polar regions)—ध्रुवीय प्रदेशों की सीमाएँ साधारणतया आर्कटिक तथा एण्टार्कटिक वृत्तों (उत्तर ध्रुवीय तथा दक्षिण ध्रुवीय वृत्तों) पर आधारित हैं (चित्र ५८५); किन्तु कभी-कभी वे भूमध्यरेखा की

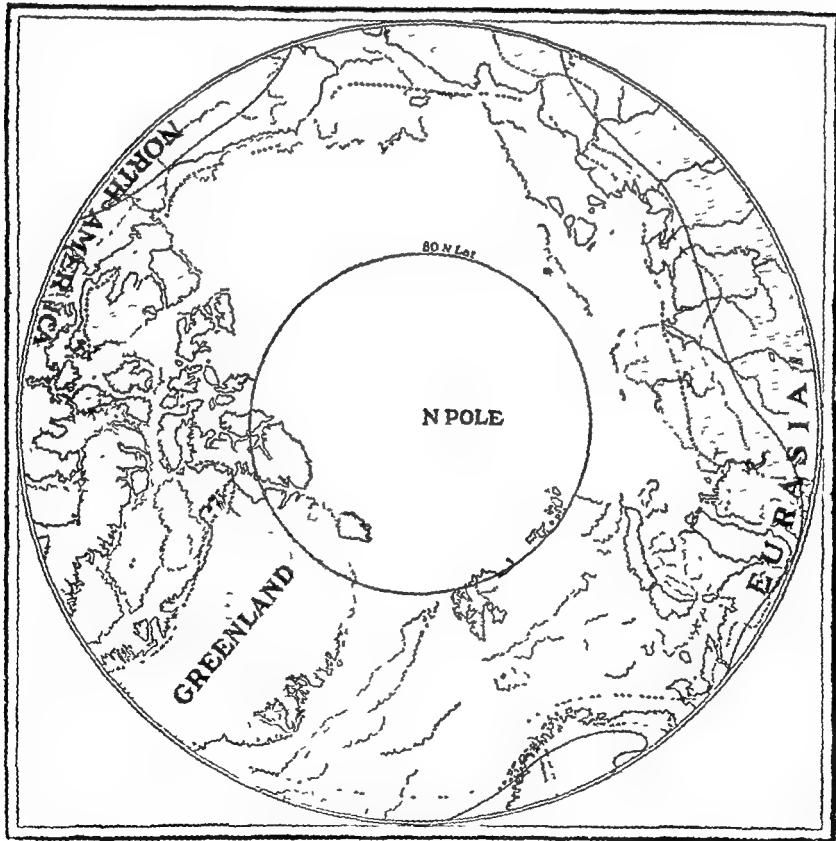


Fig. 585

Map of North Polar Zone, showing land and water areas. Poleward limit of growth of cereals..... Poleward limit of growth of forest trees - - - - - Poleward limit of permanent habitations + + + + + Isotherm of 50° for warmest month.

और ओष्णतम (warmest) महीन में 50° की उस समताप रेखा के द्वारा सीमित मान जाते हैं जो वक्षा तथा अक्षा के उगम की लगभग सीमा को अंकित करती है (चित्र ५७८)। अक्षांश के विचार में प्रदेशों का क्षेत्रफल पृथ्वी के क्षेत्रफल का लगभग १०वां भाग है।

ध्रुवीय जलवायु की सामान्य विशेषताएँ (General features of polar climate)—प्रति वर्ष एक बार सभी ध्रुवीय प्रदेशों में मूल्य समान रूप से क्षितिज में ऊपर निम्नतर चौबीस घण्टा में अधिक समय तक दिखाई पड़ता है और एक उतनी ही अवधि तक के लिए क्षितिज में नीचे भी रहता है। उन कटिबन्धों के किनारों के समीप मूल्य के अखण्ड प्रकाश की सबसे अधिक लम्बी अवधि केवल कुछ ही दिनों (प्रत्येक दिन २४ घण्टा) की होती है, किन्तु ध्रुव की ओर बढ़ते समय, जिसमें मूल्य अस्त नहीं होता है, बढ़ता जाता है, और ध्रुव पर दिन (निरन्तर प्रकाश की अवधि) ठीक महीना लम्बा होता है। निरन्तर प्रकाश की अवधि के भीतर निचले अक्षांशों की अपेक्षा ध्रुवीय प्रदेशों में मूल्यताप अधिक होता है किन्तु वायु का तापमान उसके अनुसार ऊँचा नहीं उठता है क्योंकि मूल्य से नज (surface) तक पहुँचने वाली ऊष्मा का अधिक भाग हिम (ice) एवं शीन (snow) को पिघलाने में व्यय होता है, और वायु को आग (warm) नहीं बना पाता। परिणाम यह होता है कि तापमान वर्ष भर नीचा रहता है और शीन एवं हिम से गहिल स्थला के अतिरिक्त, वर्ष में सभी समयों पर तापमान नीचा ही रहता है।

तापमान (Temperature)—उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश में जनवरी के अन्त में अधिक तापमान का सीमांत -40° से -60° फा० तक होता है। कटिबन्धों के किनारों के समीप अधिकतम ग्रीष्म के तापमान स्थानीय रूपों में 50° , अथवा 60° भी, तक ऊँचे हो जाते हैं, किन्तु ऐसे तापमान केवल उन्हीं स्थानों पर होते हैं जहाँ पर शीन एवं हिम में मुक्त भू-भाग के विशाल क्षेत्र वनमान हैं। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश के अधिकांश भाग में, जहाँ तक वर्तमान अभिलेखा (records) में विदित है ओष्णतम महीने में भी ग्रीष्म का तापमान हिमालय में नीचे रहता है।

दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश की अपेक्षा उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश में तापमानान्तर (range of temperature) अधिक रहता है क्योंकि उत्तरी ध्रुवीय क्षेत्र में स्थल का अधिक भाग ग्रीष्म में हिम से गहिल रहता है। साइबेरिया में ठीक उत्तरी ध्रुवीय क्षेत्र के भीतर (66° $6'$) वरखोयानस्क में जुलाई का माध्य $+60^{\circ}$ और जनवरी का माध्य -60° है। इसके विपरीत, नार्वे के तट पर स्विट और यूरोप का सर्वाधिक उत्तरी नगर हैमरफेस्ट (अक्षांश 70° $40'$) में जनवरी का माध्य 23° और जुलाई का माध्य 53° रहता है। उच्च अक्षांशों में हैमरफेस्ट पवनभिमुख तटों के तापमान पर महासागरों के पूर्ण प्रभाव को प्रकट करता है।

आद्रता एवं अवक्षेपण (Humidity and precipitation)—नीचा तापमान जलवायु के अत्यन्त को प्रभावित किया करता है। इसका अब यह है कि वाष्पीकरण के अभाव के कारण आद्रता का अभाव हो जाता है। आपेक्षिक आद्रता समुद्र

मे हूँ पवनभिमुख तटों की ओर अत्यन्त कम और पवनभिमुख तटों पर सापेक्षतया उच्च रहती है। अवक्षेपण कम होता है, उसका वार्षिक औसत सम्भवतः पवनाभिमुख तटों के अनिश्चित ३५ सेण्टीमीटर (१५") से कम रहता है।

जब शैकिल्टन (Shackleton) ने एण्टार्क्टिका की अभियान (expedition—खोजयात्रा) की थी, तब एक पहली अभियान में छोड़े गये यन्त्रों के अंकन में पाया गया था कि छह वर्षों में वहाँ पर औसत अवक्षेपण १८ सेण्टीमीटर (७ इंच) से २० सेण्टीमीटर (८ इंच) तक की वर्षा के बराबर हुआ था। ध्रुवीय प्रदेशों में अधिकांश अवक्षेपण हिमपात के रूप में होता है जो प्रायः प्रचण्ड पवनों से युक्त रहता है। अधिक ओष्ण (warmer) महीनों में उत्तरी ध्रुवीय प्रदेश के निम्न ऊँचाइयों के अधिकांश भागों में कहा जाता है कि वर्षा होती है, जबकि ऊँची ऊँचाइयों पर हिम जम जाती है। दक्षिणी ध्रुवीय प्रदेश में शैकिल्टन ने अपनी यात्रा में पाया कि नेग्रो महीनों के भीतर (वह इतने ही समय तक वहाँ नका था) ममन्त अवक्षेपण ग्रीष्म (snow) के ही रूप में था।

ध्रुवीय प्रदेशों में ग्रीष्म एवं हिम के विशाल क्षेत्र भारी हिमपात के कारण नहीं होते बल्कि जो कुछ ग्रीष्म गिरती है केवल उन्नी का एकत्रीकरण होता रहता है। ग्रीष्म में कुहरे अधिक साधारण रूप में होने रहते हैं।

जलवायु के परिवर्तन (Changes of Climate)

ऐतिहासिक काल के भीतर (Within historic time¹)—लोगों में, विशेषतः पुराने लोगों में, प्रचलित इस जन-धारणा का कोई आधार प्रतीत नहीं होता है कि जीवित मानव की स्मृति में कभी जलवायु स्पष्ट रूप में परिवर्तित हुई है। विशेषतः अति प्राचीन काल की प्रसिद्ध ऋतुओं की व्यान को खींचने वाली विवेचनाओं को खूब बढ़ा-चढ़ाकर कहने की एक स्वाभाविक प्रवृत्ति देखी जाती है। उदाहरण के लिए, भारी वर्षा अथवा अत्यधिक कड़ाके के जाड़े ही स्पष्टतया याद गये जाते हैं। अपवादी (exceptional) जाड़े सामान्य जाड़ों के प्रतीक बन जाते हैं। जलवायु के परिवर्तन सम्बन्धी धारणा के लिए दूसरा कारण अनेक दशाओं में यह जान होता है कि जिन लोगों में यह विश्वास प्रचलित है, उन्होंने अपने मूल निवासस्थानों का परिवर्तन किया है; अतः अनुमान में ही जलवायु में दो प्रकार की तुलना कर दी जाती है, जैसे कि न्यूयार्क और इंडोवा (Iowa) की जलवायु में तुलना कर दी जाती है, यद्यपि दोनों में कुछ अन्तर है। जलवायु के वास्तविक अभिलेख (records) जो किमी-किमी स्थान पर एक शताब्दी तक मिलते हैं इस निष्कर्ष के लिए कुछ अधिक आधार प्रदान नहीं करते हैं कि जलवायु वास्तव में बदल रही है।

¹ Huntington, *Monthly Weather Review* XXXVI (1908), pp. 359 and 446, and *Pulse of Asia*.

जनवायु के अपेक्षाकृत लघुचक्रा (relatively short cycles) में, वर्षा तापमान आदि के उतार चढ़ाव अवश्य होते रहते हैं। मूल के घट्टा के चक्र के अनुकूल लगभग ग्यारह वर्षों का एक कम स्पष्ट मौसमी चक्र होता हो, ऐसा आभास किया जाता है, कि तु यह स्पष्ट नहीं है कि इस प्रकार का एक चक्र दूसरे चक्र में विशेष रूप में भिन्न होता है। हैन (Hann) का कथन है कि केवल एक बात जिसको सिद्ध माना जा सकता है, यह है कि कतिपय मौसम विज्ञान सम्बन्धी तत्त्वा तथा मूल के बदो की अवधि की प्रगति में एक ही साथ चलने (समानानगता—parallelism) के चिह्न पाये जाते हैं।¹

यूरोप के लिए, जहां संयुक्त राज्य अमरीका की अपेक्षा अधिक लम्बे समय तक के अभिलेख (records) रचे गये हैं, ३५ या ३६ वर्षों के एक अधिक लम्बे चक्र का सुझाव दिया गया है। यह निम्न दो शताब्दियों से अधिक समय के (मौसम सम्बन्धी) आकणों पर आधारित है। इस ३५ या ३६ वर्ष के चक्र में दो केन्द्रीय काल (focal periods) कह जा सकते हैं तथा प्रत्येक का कुछ वर्षों का हो सकता है, पहला काल वह है जबकि वर्षा औसत में अधिक और तापमान औसत में नीचा रहता है, और दूसरा वह है जबकि वर्षा औसत में कम और तापमान औसत में ऊँचा रहता है। फिर भी, ये दो केन्द्रीय काल चक्र में सममित रूप में (symmetrically—सुझौल रूप में) स्थापित नहीं हैं। उदाहरण के लिए, न्यूनतम वर्षा का काल अधिकतम वर्षा के काल के पांच वर्ष अथवा ३० वर्ष बाद आ सकता है। इस महान अनियमितता को ध्यान में रखते हुए इसमें सन्देह हो सकता है कि क्या इस चक्र को उन नियमों पर आधारित मानना चाहिए जो सावभौमिक रूप में (universally) लागू होते हैं।

ब्रूकनर के निश्चय के अनुसार केन्द्रीय काल निम्नलिखित हैं

तर एवं शीतल (Wet and cool)	मध्य का समय (Interval between)	सूखा एवं ओष्ण (Dry and warm)	मध्य का समय (Interval between)
१६७१—१६७५	२५	१६८१—१६८५	४५
{ १६८६—१७०० }	४५	{ १७२६—१७३० }	३०
{ १७४१—१७४५ }	२५	{ १७५६—१७६० }	३०
{ १७६६—१७७० }	४०	{ १७८६—१७९० }	३७
{ १८१६—१८२० }	३५	{ १८२०—१८३० }	३८
१८५१—१८५५		१८६१—१८६५	

पैतीम वर्षीय काल के आवार की यथावता को पाठक स्वयं निणय कर सकते हैं। यह सुझाव दिया गया है कि ये काल चक्र और भी अधिक वर्षों के हो सकते हैं, यहाँ तक कि वे १०० वर्षों अथवा अधिक वर्षों तक के भी हो सकते हैं, परन्तु वर्तमान आकड़े इस विषय में किमी निश्चित निष्कर्ष के लिए अपर्याप्त हैं।

¹ Hann, *Handbook of Climatology*

जलवायु की विषमता अथवा विभेदशीलता (variations) हिमनदियों की गति से भी स्पष्ट होती है। इसकी जाँच विज्ञेय रूप में आल्प्स पर्वत की हिमनदियों के नमन्त्र्य में की गयी है। अधिकतम अवक्षेपण और न्यूनतम तापमान के कालों के पश्चात् (साधारणतया कुछ वर्षों के बाद) हिमनदियाँ आगे बढ़ा करती हैं, और विपरीत दशाओं के अधिकतम स्पष्ट होने पर पीछे को खिसकती हैं।

ऐतिहासिक काल के आरम्भ से कतिपय ऐतिहासिक घटनाओं का अर्थ लगाया गया है जिससे कुछ प्रदेशों में जलवायु के प्रदेश जो कभी घनी जनसंख्या वाले थे, अब इतने अधिक शुष्क हैं कि प्रचुर जनसंख्या धारण नहीं कर सकते हैं। इस प्रकार की स्थिति दक्षिण-पश्चिम एशिया और उत्तरी अफ्रीका में है जहाँ पर उन स्थानों में जल-सेतु (aqueducts) एवं सिंचाई की नहरों के अवशेष (ruins) पाये जाते हैं जहाँ अब जल का पर्याप्त स्रोत भी नहीं है। एशिया में कुछ स्थानों में बिना निकास की वे झीलें आधुनिक काल में स्पष्ट रूप से नीची हो गयी हैं जिनके बारे में परम्पराएँ (traditions), और कुछ परिस्थितियों में सम्भवतः अभिलेख (records) भी, उनकी पहली अधिक ऊँचाई के विषय में प्रमाण उपस्थित करते हैं। यदि अधिक ऊँचाई की ये परम्पराएँ विश्वास के योग्य हैं, तो ये झीलें यह सूचिन करती हैं कि जब से मानव पृथ्वी पर आया है तब से पृथ्वी की शुष्कता बढ़ती जा रही है। इसी निष्कर्ष को जताने वाली कुछ घटनाएँ दक्षिणी अमरीका से भी प्राप्त हैं।

भूवैज्ञानिक काल में (In geologic time)—पृथ्वी के इतिहास की अवधि में और भी अधिक अतीत काल का अध्ययन करने पर जलवायु के गम्भीर परिवर्तनों के अनेक प्रमाण मिलते हैं। एक दूसरे काल से नितान्त भिन्न, अनेक ऐसे काल हुए हैं जिनसे यह पता लगता है कि अनेक उन स्थानों पर भी हिमयुग हुए हैं जहाँ अब हिमनदियाँ नहीं हैं। इन शीत युगों में से एक युग ऐसा भी रहा है जबकि निचले उन अक्षांशों तक में विशाल हिमनदियाँ थी जहाँ आज उष्णकटिबन्धीय एवं उप-उष्णकटिबन्धीय जलवायु मिलती हैं (दक्षिण भारत, आस्ट्रेलिया, दक्षिण अफ्रीका)। इन अपवादी (exceptional) शीतयुगों में से प्रथम शीतयुग पृथ्वी के इतिहास के प्रारम्भिक काल में ही प्रकट हुआ था (एक पुराजीव कल्प—Palaeozoic era के आरम्भ में, और दूसरा नम्भवन उससे बहुत पहले) और अन्तिम (गन्त हिमनदी युग—the late glacial period) केवल कुछ ही समय पहले व्यतीत हुआ है।

इनके विपरीत, ओष्ण (warm) जलवायु ध्रुवीय प्रदेशों में अपेक्षाकृत आधुनिक काल तक भी लम्बी अवधि तक बनी रही है। उदाहरण के लिए, ग्रीनलैण्ड में अपनी वर्तमान हिम-चादर के विकास से कुछ ही पहले (भूवैज्ञानिक दृष्टि से—geologically) उष्ण जलवायु थी। आज के उपलब्ध आँकड़े यह प्रकट करते हुए प्रतीत होते हैं कि वर्तमान युग की जलवायु उस जलवायु की अपेक्षा अधिक शीतल है जो पृथ्वी के इतिहास के अधिक विशाल भाग में विद्यमान रही है।

आद्रता में बार-बार होने वाले परिवर्तन उत्तनी ही स्पष्टता से प्रकट होते हुए प्रतीत होते हैं जितनी स्पष्टता में तापमान में होने वाले परिवर्तन प्रकट होते हैं। पृथ्वी के इतिहास के विभिन्न कालों में शुष्क जलवायु उन प्रदेशों में विद्यमान रही है जिनमें वर्तमान युग में आद्र जलवायु है (उदाहरण के लिए, यूराक तथा ओहियो), और आद्र जलवायु उन प्रदेशों में व्याप्त रही है जो अब अनिवाय रूप में मरुस्थल हैं (जैसे अरीजोना)। सूखी जलवायु की अवस्था में नमक एवं खडिया मिट्टी की खानें शुष्कता की सूचक हैं, और आद्र जलवायु की अवस्था में प्रचुर वनस्पति के प्रामाणिक साक्ष्य, उन प्रदेशों में जो अब मरुस्थल हैं, आद्रता के सूचक हैं।

कुछ अवस्थाओं में इन परिवर्तनों के कारण निम्नलिखित स्थलाकृतिक (topographic) परिवर्तनों के कारण स्थानीय थे। किंतु अन्य दशाओं में यह तब तक लागू नहीं होता है। अतः यह स्पष्ट ज्ञान होता है कि ये कारण बहुत ही प्राचीनकाल से क्रियाशील रहे हैं जो तापमान तथा आद्रता दोनों में ही भिन्नता उत्पन्न करते हैं। इन कारणों के विषय में जो विचार किया गया है वह निम्नलिखित हैं

(१) भौगोलिक (Geographic)—स्थल एवं जल के सम्बन्ध में परिवर्तनों के कारण, अथवा भूमि की स्थलाकृति में परिवर्तनों के कारण।

(२) ज्योतिषीय (Astronomic)—पृथ्वी के कक्ष (orbit) के आकार में परिवर्तनों के कारण, विषुवों के अवन (precession of equinoxes), आदि के कारण।

(३) वायुमण्डलीय (Atmospheric)—वायुमण्डल की रचना में परिवर्तनों के कारण।

इन कारणों के अतिरिक्त और भी अन्य कारणों का अनुमान किया गया है। इन परिवर्तनों से सम्बन्धित तथ्यों का संकलन करने में ज्ञात होता है कि इनमें से तीसरी व्याख्या सर्वाधिक सगत है। परन्तु फिर भी यह नहीं कहा जा सकता है कि हम अंतिम निष्कर्षों पर पहुँच गये हैं।^१

^१ On this point see Chamberlain and Salisbury's *Earth History* Schuchert Carnegie Institute, Publication 192, 1914

भाग ४
महासागर
THE OCEAN

सामान्य तथ्य (GENERAL FACTS)

महासागर स्थलमण्डल के तल के विणाल गड्ढों (depressions) में स्थित है। महासागरों के गड्ढों का क्षेत्रफल ऊपर उठे हुए स्थलखण्डों के क्षेत्रफल से लगभग दुगुना बड़ा है। महासागरों का जल केवल उन गड्ढों को ही नहीं भरता है बल्कि वह स्थल मंचों (continental platforms) के ऊपर लगभग २,५६,००,००० वर्ग किलोमीटर (१,००,००,००० वर्ग मील) के क्षेत्रफल में फैला हुआ है। परिणाम-स्वरूप, महासागरों का जल थल के लगभग तीन-चौथाई (लगभग $\frac{3}{4}$) भाग को ढके हुए है। सभी महासागर तल पर एक-दूसरे से मिले हुए हैं; इस प्रकार कुछ अर्थों में एक है, परन्तु फिर भी अलग-अलग भागों के लिए अलग-अलग नाम हैं; किन्तु वास्तविक सागर-द्रोण (ocean basins) स्पष्टतः एक-दूसरे द्रोण से अलग ही हैं।

यद्यपि जिन गड्ढों में महासागरों का अधिकांश जल भरा हुआ है उनको द्रोण (basins) कहते हैं, तथापि द्रोण नाम की कोई समता उस घरेलू पात्र से कदापि नहीं है जिसका संकेत इस नाम से मिलता है। एक रेखाचित्र के निर्माण द्वारा यह सरलता से देखा जा सकता है। एक लगभग १ मीटर (३ फुट) लम्बा चाप, जिसका अर्धव्यास लगभग १२ मीटर (४ फुट) हो, एक वृत्त के लगभग आठवें भाग का प्रतिनिधित्व किया करता है। यदि ऐसा एक चाप ग्यामपट पर खींच लिया जाए, तो उसे मयुक्त गज्य तथा यूरोप के बीच में अटलाण्टिक महासागर की चौड़ाई का प्रतीक माना जा सकता है। यदि चार्क (chalk) की रेखा के शीर्ष को महासागर के तल का प्रतिनिधि मान लिया जाए तो महासागर के नितल को प्रकट करने वाली दूसरी रेखा उसके नीचे माथ्रागन खडिया (crayon—रेखा खींचने की खडिया) द्वारा जल की गहराई को बढ़ा-चढ़ाकर रंगे बिना मंगलता में नहीं खींची जा सकेगी।

चित्र ५८६ हमको किर्मा सागर की द्रोणी की वास्तविक आकृति की कुछ धारणा (conception) बनाने में सहायता कर सकता है। सामान्यतः यह ऊपर की ओर को उत्तल (convex) है, किन्तु स्थानीय रूप में, विशेषतः जहाँ पर यह स्थल-मंचों में जुड़ा हुआ है, यह ऊपर की ओर अवतल (concave) है। चित्र ५८७ उन पेटियों को प्रकट करता है जहाँ पर नितल (bottom) ऊपर की ओर

अवतल है। य पटिया चौड़ाई में १६० मितामाटर (१०० मील) से ४८० मितामाटर (३०० मील) तक है।

Fig 586
Diagram to illustrate the form of an ocean basin

समुद्र तल (The sea level)—सागर के तल का देखने पर वह समतल दिखाई देता है, किन्तु सत्य का तब स्पष्ट रूप में ऊँचा-नीचा होता है, अब सागर एक स्थान के तल में एक तीव्र भिन्नता है। हम सागर के बारे में इस प्रकार की बातचीत करने के आगे बढ़े हैं कि भाग सागर सभी प्रकार की विषमताओं में मुक्त है। मावर्णतया सागर वह आध्यात्मिक है जिसमें स्थान की ऊँचाईया नापी जाती हैं। अब यह समझ लेना आवश्यक है कि वास्तव में समुद्र तल क्या होता है।

पहली बात तो यह है कि यह एक वक्र तल होता है और इसकी वक्रता लगभग एक चपटी (oblate—नारंगी के मिर की तरह की) तथा तनिक अपूर्ण गोल (spheroid) का भाति होती है। किन्तु इसका तल किसी गोल (spheroid) के तल के लगभग समान होता है क्योंकि वे स्थलखण्ड, जो सागर के द्वारा से ऊपर उठे हुए हैं और जिनका जल पवनों में होता है सागर के जल को अपनी ओर आकर्षित करते हैं, और इस प्रकार उस प्रधान गुरुत्वाकर्षण (attraction of gravitation) के कुछ विपरीत कार्य करते हैं जो समस्त पदार्थों का पृथ्वी के केन्द्र की ओर खींचने में लगा रहता है। उदाहरण के लिए, एण्डीज पर्वत समुद्र के निकट ही समुद्र से पर्याप्त ऊँच उठे हुए हैं और उनसे सटा हुआ जल उनकी आकर्षण शक्ति द्वारा सामान्य गोलार्ध तल से कुछ ऊपर तक खींचन लगता है। यह अनुमान किया गया है कि भारत (वर्तमान पाकिस्तान—अनु०) के तट पर सिन्धु नदी के मुहाने पर समुद्र का जल, प्रायद्वीप (भारत) के दक्षिणी सिरे पर स्थित सीलोन (Ceylon—लंका) द्वीप के आसपास के जल की अपेक्षा

पर्याप्त रूप से अधिक ऊँचा है (अर्थात् पृथ्वी के केन्द्र से अधिक दूर)। समुद्र के तल की इस वक्रता का कारण हिमालय एवं समीप वाले ऊँचे स्थलों द्वारा आकर्षण है। सभी स्थलखण्ड इसी प्रकार से कार्य करते हैं और तट के निकट समुद्र-तल में ऊपर जितना ही अधिक विशाल स्थलखण्ड होगा यह वक्रता उतनी ही अधिक होगी।

अतः समुद्र-तल गोलाभ (spheroid) की वक्रता के साथ ठीक-ठीक वैसा ही गोल नहीं होता है। इससे भी आगे दूसरी बात यह है कि पर्वतों की ऊँचाइयाँ और खण्ड (masses) एक युग से दूसरे युग में बदलते रहते हैं, इसलिए उनको टेढ़ा करने वाले प्रभाव समय की लम्बी अवधि में कुछ बदल जाते हैं। यदि किसी स्थान की ऊँचाई का अभिलेखन (record) किसी ऐसे ढंग से करना है कि वह स्थायी रूप से सही रहे, जैसे कैलीफोर्निया में, तो उसका अभिलेखन केवल इस रूप में नहीं करना चाहिए कि वह समुद्र-तल से, मान लो १५० मीटर (५०० फुट) ऊँचा है, वरन् इस रूप में करना चाहिए कि वह कैलीफोर्निया के तट पर १ जनवरी, १९०० को ४०° अक्षांश पर समुद्र-तल से १५० मीटर (५०० फुट) ऊँचा था।

स्थल के खण्डों के आकर्षण के कारण होने वाली समुद्र के तल की न्यूनाधिक (more or less) स्थायी विरूपताओं (distortions—कुरूपताओं, विकृतियों) के अतिरिक्त तल की कुछ अस्थायी तथा मन्द विपमताएँ भी होती हैं, जिनका विचार बाद में किया जाएगा।

समुद्र के प्राकृतिक भूगोल के अन्तर्गत कौन-कौनसी बातें होती हैं (What the physical geography of the sea includes)—इस सम्बन्ध में अनेक बातें सम्मिलित हैं। उनमें से कुछ ये हैं—(१) जल का वितरण, (२) सभी स्थानों पर जल की गहराई, (३) तल की स्थलाकृति, (४) जल की सविचरना (composition of the water), (५) जल का रंग, (६) तल पर तथा उसके नीचे का तापमान, (७) जल की गतियाँ, (८) इसका जीवन, और (९) नितल के पदार्थ।

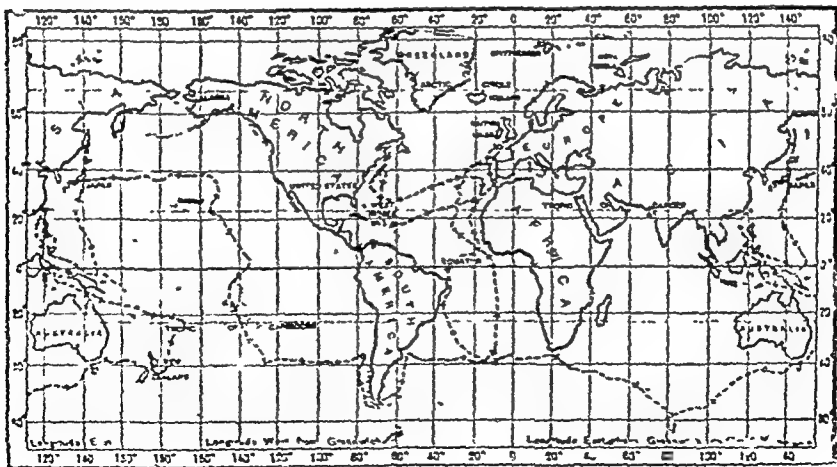


Fig. 587

The course of H. M. S. Challenger. shown by broken line on oceanic areas.

समुद्र का प्राकृतिक भूगोल, जहाँ तक यह अब तक ज्ञात हो सका है, विभिन्न प्रकारों से ज्ञात हुआ है। इसके जल का वितरण स्थल के क्षेत्रों की सीमाओं की

रखाआ द्वारा स्पष्ट हो गया है। इसके जल के स्वभाव का निर्धारण रासायनिक विश्लेषण (chemical analysis) द्वारा किया गया है। इसके जल की गतियों का अध्ययन विभिन्न प्रकारों से किया गया है। उनमें से कुछ, जैसे लहंगे, का अध्ययन तट से किया जा सकता है। धाराआ जैसी जय बानों जिनको मरलता से नहीं देखा जा सकता है किन्तु फिर भी उनकी जहाँ तक जानकारी हो सकी है, का अध्ययन निम्न बातों पर आधारित है—(१) धाराओं के प्रभावों द्वारा यात्रा करने वाले जहाजों के मार्ग परिवर्तित हो जाते हैं, (२) जल में बहने वाले पदार्थों के मार्गों को देखा जा सकता है, (३) तापमान पर धाराआ के प्रभाव पड़ते हैं, तथा (४) अन्य अन्य विधियों द्वारा।

महासागरों की गहराई, तापमान, जीवन, नितल के पदार्थ एवं नितल की स्थलाकृति और गतियाँ आदि से सम्बन्धित हमारे ज्ञान का अधिकतम भाग उन अभियानाओं (expeditions) द्वारा प्राप्त हुआ है जो इन विषयों के अध्ययन के लिए समय समय पर की गयी है। ये अभियानाएँ कुछ स्थितियों में सरकारों द्वारा, कुछ में समितियों द्वारा, तथा कुछ और में व्यक्तियों द्वारा समर्थित की जाती रही हैं। गत शताब्दी में एक अभियाना जो अत्यन्त विस्तृत एवं सुनियोजित (most elaborated) पैमाने पर की गयी थी, ब्रिटिश सरकार के संरक्षण में १८७२-७६ की चैलेंजर (Challenger) की अभियाना थी। इस जहाज ने अटलांटिक, प्रशांत तथा दक्षिणी महासागरों में विस्तृत खोजें की थी (चित्र ५८७)। चैलेंजर की यात्रा में किये गये पर्यवेक्षणों (observations) के परिणाम और उनसे निकाले गये निष्कर्ष विशाल प्रमाणा की एक बड़ी श्रृंखला (series) में प्रकाशित किये गये हैं जिनमें हमको हमारे समुद्र सम्बन्धी ज्ञान का अधिकतम विस्तृत अंग प्राप्त होता है।

यद्यपि अनेक छोटी यात्राओं ने हमारे महासागरों से सम्बन्धित ज्ञान को कम माना में बढ़ाया है, तथापि उनका महत्त्व कम नहीं है। उनमें से कुछ का उल्लेख यहाँ किया जा सकता है—(१) The U S S Mercury (Barbadoes to Sierra Leone, 1871), (२) H M S Lightning and H M S Porcupine (Faroe Islands to the Mediterranean, 1868-70), (३) the German frigate Gazelle (1874-76), and (४) the U S Coast and Geodetic Survey steamer Blake (Gulf of Mexico, Caribbean Sea, east coast of the United States 1877-80), and (५) the work of the Coast and Geodetic Survey on the Gulf Stream (1845-59)।

आर्कटिक प्रदेश में पियरी (Peary) नासेन (Nansen), एवं स्टीफंसन (Stefansson) की अभियानाओं तथा आधुनिक वर्षों में आर्कटिक प्रदेश में की गयी अभियानाओं ने उच्च अक्षांशों में स्थित जल के सम्बन्ध में हमें पर्याप्त सूचनाएँ दी हैं। ये अभियानाएँ जिस ढंग से अपना कुछ कार्य करती हैं उसका कुछ आभास आगे वाले पृष्ठों में मिलेगा।

महासागरों के जल का वितरण (Distribution of the ocean waters)—

६०° दक्षिण अक्षांश पर महासागर पृथ्वी को चारों ओर से ढके हुए है, अर्थात् इस अक्षांश पर भूमण्डल पर स्थल नहीं है। भूमण्डल को ढकने वाली इस जलराशि से उत्तर की ओर जल के तीन विशाल अंग, क्रमशः अटलाण्टिक, प्रशान्त एवं हिन्द-महासागर, फैले हुए हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध के उच्च अक्षांशों में एण्टार्क्टिका स्थित है। यह स्मरण रखना होगा कि उत्तरी गोलार्द्ध में ६०° से ७०° अक्षांश में स्थल प्रायः एक पूर्ण घेरा बनाता है, जहाँ से वह दक्षिण की ओर तीन (अथवा दो) विशाल भुजाओं के रूप में फैला हुआ है, और इस स्थलमण्डल के उत्तर में आर्कटिक महासागर स्थित है। ४०° दक्षिण अक्षांश के दक्षिण की जलराशि को प्रायः दक्षिणी महासागर कहा जाता है। आर्कटिक महासागर सम्पूर्ण जलराशि के क्षेत्रफल का लगभग $\frac{1}{10}$ भाग, हिन्दमहासागर लगभग $\frac{1}{5}$ भाग, दक्षिण महासागर लगभग $\frac{1}{4}$ भाग, अटलाण्टिक महासागर $\frac{1}{5}$ भाग, और प्रशान्त महासागर $\frac{1}{4}$ भाग है।

यह पहले ही कहा जा चुका है कि उत्तरी एवं दक्षिणी गोलार्द्धों में स्थल तथा जल के असमान वितरण का उनकी जलवायु के ऊपर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है।

गहराई (Depth)—ऐसा अनुमान किया गया है कि महासागर की औसत गहराई लगभग ४ किलोमीटर ($2\frac{1}{2}$ मील) अथवा ३,६०० मीटर (१२,००० फुट) और ३,६०० मीटर (१२,००० फुट) के बीच है। प्रशान्त महासागर की औसत गहराई का अनुमान लगभग $4\frac{3}{4}$ किलोमीटर ($2\frac{3}{4}$ मील), अटलाण्टिक का ४ किलोमीटर ($2\frac{1}{2}$ मील), और हिन्द एवं दक्षिणी महासागरों का $3\frac{1}{2}$ किलोमीटर ($2\frac{1}{2}$ मील) है। आर्कटिक महासागर की औसत गहराई ज्ञात नहीं है किन्तु नान्सन (Nansen) ने यूरेशिया के महाद्वीपीय निधाय (continental shelf) से दूर ३,६०० मीटर (१२,००० फुट) से अधिक की गहराई का पता लगाया था। महासागर के जल की अधिकतम ज्ञात गहराई लगभग ६ मील है। यह गहराई समुद्र-तल से ऊपर उच्चतम पर्वत की ऊँचाई से तनिक अधिक है। अनेक ऐसे स्थान हैं जहाँ महासागर की गहराई लगभग ६ किलोमीटर (४ मील) से अधिक है, और अत्यधिक गहरे जल का क्षेत्रफल अत्यधिक ऊँचे स्थल के क्षेत्रफल की अपेक्षा अत्यन्त अधिक है। महासागरों के वे गड्ढे जो महासागर की औसत गहराई से उल्लेखनीय रूप में गहरे होते हैं, डीप्स (deeps—गम्भीर सागर) कहलाते हैं।

जल की अधिकतम ज्ञात गहराई प्रशान्त महासागर में लैड्रोन द्वीपों (Ladrone Islands) के निकट ६,६३५ मीटर (३१,६१४ फुट) है। लगभग इतनी ही गहराई का दूसरा क्षेत्र ६,२८० मीटर (३०,६३० फुट) न्यूजीलैण्ड के उत्तर-पूर्व में आल्ड्रिच डीप (Aldrich Deep) है। जापान के पूर्व में तुस्करोरा डीप (Tuscarora Deep) की गहराई लगभग ८,४०० मीटर (२८,००० फुट) और २४° से २५° दक्षिण अक्षांश पर चिली के तट से कुछ दूर यह गहराई लगभग ७,५०० मीटर (२५,००० फुट—लगभग पाँच मील) है।

इन विशाल गहराइयों में से कोई भी गहराई प्रशान्त महासागर के मध्य

भाग में नहीं है। उनमें से कुछ महाद्वीपीय तट (continental shores) के समाप्त हैं और दूसरे उन ऐसे प्रदेशों में हैं जहाँ द्वीपों की सख्या अधिक है, उनके पड़ोस में जल बहुत गहरा नहीं है। उनमें से अधिकांश महासागर के पश्चिमी भाग में हैं। सभी स्थितियों में इन विशाल गहराइयों के ढाल अतः समुद्री (submarine) ढालों की भाँति प्रपाती (steep) है, और गम्भीर सागर (deeps) की प्रवृत्ति यह है कि वे निकटतम तट अथवा सट हुए समुद्र के भीतर के कटक (ridges), अथवा उन कटक के जिनके शिखर द्वीपों के रूप में ऊपर उठे हुए हैं, समानान्तर लम्बाकार (elongated) होते हैं।

अटलांटिक महासागर का एकमात्र क्षेत्रफल जहाँ इस प्रकार की गहराई मिलती है पोर्टो रिको (Porto Rico) के उत्तर ब्लैक डीप (Black Deep) में है (२०° उ० अक्षांश, ६५° म० ६८° प० देशांतर तक), जहाँ पर अधिकतम गहराई ८,२१० मीटर (२७,२६६ फुट) तक मिलती है।

हिंद महासागर में ६,००० मीटर (२०,००० फुट) से अधिक की गहराई ज्ञात नहीं है, और दक्षिणी महासागर की अधिकतम ज्ञात गहराई और भी कम है।

महासागरों की गहराई गम्भीरता मापन की क्रिया (Soundings) द्वारा ज्ञात की जाती है। यह काम जहाज में एक पतले पक्के लोह के तार में बंधे हुए एक भारी धातु के भार को समुद्र में छोड़कर किया जाता है। (एक रस्सी द्वारा क्या नहीं ?)। भार गम्भीरतामापी तार से इस प्रकार बांधा जाता है कि वह सागर के नितल (bottom) पर पहुँचकर तार से अलग हो जाए (चित्र ५८८), भार को पुनः ऊपर खींचने की अपेक्षा उसे वहाँ पर छोट दस में सरलता रहती है। ३,००० फीट का गम्भीरतामापन लगभग एक घण्टे में ही किया जा सकता है।



Fig. 588

The Sounding
line (Chal-
lenger Report)

यह एक यूनानिक व्यापक धारणा है कि गहराई से गहरे जल इतने घन हैं कि उनमें लटकाया गया भार सरलता से नहीं डूब पाता है, इसी कारण से गहन सागर (deep sea) का गम्भीरतामापन कठिन है, किंतु यह बात गलत है क्योंकि जल केवल थोड़ी ही मात्रा में सम्पीड्य (slightly compressible—कम घना) होता है। तब पर के जल की अपेक्षा महासागर के गहरे से गहरे भाग में जल, समान मात्रा के अनुपात में, केवल कुछ ही अंश भारी है (सम्भवतः बीसवा भाग भी नहीं है)। गहरे सागरों की गहराइयों को मापन में कठिनाई होती है, किंतु वे कठिनाइयाँ गहरे जल के अघनत्व (density) के कारण नहीं होती हैं।

परिमाण (Volume)—महासागरों की औसत गहराई और उनका क्षेत्रफल

ज्ञात हो जाने पर, उनमें भरे हुए जल के परिमाण का हिसाब लगाया जा सकता है। यह समुद्र-तल से ऊपर स्थल के परिमाण का १५ गुना पाया जाता है। यदि स्थल के समस्त पदार्थों को समुद्र में ले जाया जाए और उसकी (समुद्र की) द्रोणी में जमा कर दिया जाए, तो उससे जल का स्तर लगभग १६५ मीटर (६५० फुट) ऊँचा उठ जाएगा। यदि समस्त स्थलमण्डल को समतल कर दिया जाए (पहाड़ों एवं उच्च स्थलों को नीचा तथा स्थलीय गड्ढों को ऊँचा कर दिया जाए), तो महासागर का जल लगभग २,७०० मीटर (९,००० फुट) अथवा लगभग दो मील की गहराई तक समस्त पृथ्वी को ढक लेगा।

भार (Mass)—सागर का भार (weight) समुद्र से ऊपर स्थल के भार से केवल लगभग पाँच गुना अधिक है क्योंकि समान परिमाण की चट्टान की अपेक्षा जल अत्यधिक हलका होता है। सागर का भार उसको घेरे रहने वाली वायु से लगभग २६५ गुना है, और पृथ्वी के ठोस भाग के भार का $\frac{1}{2000}$ है।

नितल की स्थलाकृति (Topography of the bottom)—समुद्र के नितल का अधिकांश विशाल भाग लगभग इतना चौरस (flat) है कि यदि समस्त जल को हटा दिया जाए तो उसके समतल होने में दृष्टि को कोई कमी नहीं मिलेगी। अतः सागरों के नितल की स्थलाकृति स्थल की आकृति से अति भिन्न है। वहता हुआ जल स्थल की आकृति को विषम (rough) बनाने में अन्य सब कारकों (agents) की अपेक्षा सर्वाधिक मुख्य होता है, किन्तु सागरों के नितल पर नदियाँ नहीं बहती हैं, अतः सागरों के नितल की स्थलाकृति तथा स्थल की स्थलाकृति के बीच दिखाई देने वाला स्पष्ट अन्तर सागरों के नितल पर नदियों के अभाव के ही कारण होता है।

समुद्र के नितल की प्रचलित चौरसता (flatness) के होते हुए भी सागरों के नितल की उद्भूति (relief) स्थल की उद्भूति (relief) से कम नहीं है। सागर के नितल की विषमताएँ (irregularities) कई प्रकार की हैं। ये निम्न हैं— (१) ज्वालामुखीय शंकु (volcanic cones), उनमें से कुछ गहरे सागर के नितल से निर्मित होकर जल के तल तक तथा उससे बहुत ऊपर तक भी उठे हुए हैं (अध्याय ७); (२) अपेक्षाकृत प्रपाती ढाल अथवा कगार (relatively steep slopes or scarps), जो महाद्वीपीय निधायो (continental platforms) और गहरे सागर के द्रोणों के जोड़ पर मिलते हैं, और कुछ ऐसे भी हैं जो कुछ स्पष्ट गहराइयों के आसपास मिलते हैं, (३) घाटी के समान गड्ढे (valley like depression) जो विशेषतः महाद्वीपों के किनारों के आसपास उथले जलो में मिलते हैं, (४) स्पष्ट उभार (pronounced swells) जिनकी तुलना स्थल की पर्वत श्रेणियों से की जा सकती है, और (५) चौड़े, पठार के समान क्षेत्र (broad, plateau like areas) जो अपने पास-पड़ोस, जिनके ऊपर जल अपेक्षाकृत उथला होता है, से स्पष्ट रूप में ऊपर उठे हुए हैं।

(१) ज्वालामुखीय शंकुओं की संख्या बहुत है, किन्तु अन्य स्थानों की अपेक्षा

वे प्रशान्त महासागर में अधिक सख्या में हैं, और उनके ऊपरी पूर्वी भाग की अपेक्षा उनके अधिक गहर पश्चिमी भाग में अधिक सख्या में हैं। यद्यपि ऐसे बहुत अकस्मात् हो उठे हुए से प्रतीत होते हैं तथापि उनके ढाल वस्तुतः जितने दिशाएँ देते हैं उनकी

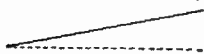


Fig 589
Diagram illustrating a slope corresponding to 1/5



Fig 590
Diagram illustrating a slope corresponding to 1/10



Fig 591
Diagram illustrating a slope corresponding to 1/20

अपेक्षा बहुत कम ढाल है। ज्वालामुखी द्वीपों के शीर्ष का ढाल शायद ही 20° में अधिक होता है और उनके निचले भागों का ढाल 6° में 10° तक में अधिक कभी-कभी हो जाता है। समुद्र में नीचे ढाल और भी अधिक मन्द होता है वह शायद ही 3° में अधिक अथवा ३२ किलोमीटर में से १३ किलोमीटर (२० मील में से १ मील) रहता है। चित्र ५८६, ५६० और ५६१ क्रमशः ८ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (५ मील में १ मील), १६ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (१० मील में १ मील) और ३२ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (२० मील में १ मील) के अनुसार ढालों को प्रकट करते हैं।

(२) यद्यपि महाद्वीपीय निचाया (continental shelves) के किनारों पर तथा गम्भीरों (deeps) के आसपास नितल के ढाल वैसे ही प्रपाती (steep) हैं जैसा कि महासागरों के नितल में मिलते हैं, तथापि वे स्थल पर के जल के ढालों की अपेक्षा बहुत कम ढाल हैं। १३ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (८ में १ मील) का ढाल दुर्लभ है, और ३२ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (२० में १ मील) के ढाल को (चित्र ५६१) कदापि सामान्य नहीं कहा जा सकता है। यह अंतिम ढाल एक प्रपाती रेलमार्ग की धौली का होगा। १६ किलोमीटर में १३ किलोमीटर (६० में १ मील) के ढाल महाद्वीपीय मग्नतट भूमियों (continental shelves—महाद्वीपीय निचाया) के किनारों पर के औसत प्रपाती ढालों की अपेक्षा अधिक ऊँचे हैं। जहाँ इन अधिकांश प्रपाती ढालों के ऊपर रेलगाड़ियाँ भी दौड़ायी जा सकती हैं।

किन्हीं किन्हीं दशाओं में ऐसे ढाल जो स्थल पर भी जल में प्रपाती समझे जा सकते हैं समुद्र के नितल पर पाये जाते हैं। इसी के परिणामस्वरूप भूमध्य-सागर में जहाज के अगले और पिछले भाग से गम्भीरों (deeps) का मापन करने समय ४१० मीटर (१५० फुट) तक का अन्तर मिला हुआ बताया जाता है। ऐसे ढाल (slopes) अथवा बगार (scarps) निम्नदर्श भ्रंशन (faulting) के ही परिणाम हैं।

(३) अनेक महाद्वीपीय मग्नतट भूमियाँ (continental shelves) उन

घाटियों द्वारा प्रभावित हैं जिनमें नदी घाटियों (river valleys) की सामान्य विशेषताएँ मिलती हैं। उनमें से अनेक उन घाटियों के निरन्तर कम में प्रतीत होती हैं जो अब स्थल पर विद्यमान हैं। उदाहरण के लिए, हडसन, डेलावेयर, ससकेचाना, मेन्टलारेंस तथा अनेक अन्य उल्लेखनीय घाटियाँ समुद्र के नीचे डूबी हुई अटूट कम गहरी रखती हैं। हडसन की घाटी महाद्वीपीय न्यूनतम भूमि के किनारे तक समुद्र में निरन्तर अपना कम बनाये रखती है, जहाँ यह ३२ किलोमीटर (२० मील) तक स्पष्ट रहती है, और इनके गाम-पड़ोस में नीचे इनकी अधिकतम गहराई ७२० मीटर (२,४०० फुट) तक है और समुद्र-तल के नीचे ८५४ मीटर (२,८४४ फुट) है। अन्य स्थानों पर यह उथली है। अन्य इनकी गहरी नहीं हैं। डेलावेयर और ससकेचाना की घाटियों के डूबे हुए कम महाद्वीपीय निवाय पर अपने पास-पड़ोस से ३० मीटर (१०० फुट) से कम नीचे हैं किन्तु सागुने (saguenay) एवं सेप्टलारेंस की घाटियाँ जो दोनों ही महाद्वीपीय निवायक के किनारे तक फैली हुई हैं, अधिक गहरी हैं।

संयुक्त राज्य के प्रशान्त तट के समीप की कुछ जलमग्न घाटियाँ (submerged valleys) वर्तमान स्थल की घाटियों के निरन्तर कम में प्रतीत नहीं होती हैं। उनमें से कुछ सैकड़ों किलोमीटर लम्बी हैं और ३०० मीटर (१,००० फुट) या अधिक (अधिकतम) गहरी हैं। माधारपनया ऐसी घाटियों के विषय में विश्वास किया जाता है कि वे नदियों द्वारा उस समय बनायी गयी हैं जबकि समुद्र उन क्षेत्रों के ऊपर नहीं था जिन पर वह आज फैला हुआ है।

(४) पर्वतों के समान उभारों के उदाहरण क्यूबा तथा उसके समीपवर्ती द्वीपों द्वारा प्राप्त होते हैं, जो बाम्बव में एक विशाल पर्वत तन्त्र (mountain system) के शिखर हैं जो गहरे जल में ऊपर उठे हुए हैं।

(५) पठार के समान की ऊँचाई का उदाहरण अटलाण्टिक महासागर की डोलफिन नामक कटक (dolphin ridge) द्वारा मिलता है। यह एक चौड़ी एवं नीची 'कटक' है, जिसके ऊपर जल ३,६०० मीटर (१२,००० फुट), तथा कुछ स्थानों में १,५०० मीटर (५,००० फुट) से भी कम गहरा है; यह कटक अटलाण्टिक की लम्बाई में ४०° द० अक्षांश तक आड़ी (transverse) पड़ी हुई है। यह कटक अटलाण्टिक की द्रोणी को दो छोटी द्रोणिकाओं (troughs) में बाँट देती है, जिनमें से एक द्रोणिका (trough) कटक के पूर्व में है और दूसरी पश्चिम में जहाँ जल कुछ अधिक गहरा है। दक्षिणी प्रशान्त महासागर में अनेक ज्वालामुखी द्वीप जलमग्न (submerged) पठारों के ऊपर से उठे हुए हैं।

उपर्युक्त वर्णन से स्पष्ट है कि स्थल के समान समुद्र के नितल पर भी महान विषमताएँ मिलती हैं। किन्तु स्थल की अनेक गौण (minor) विषमताएँ, विशेषतः वे जो बहते हुए जल, पवन, हिमनदियों आदि द्वारा विकसित होती हैं, नागरों के उथले जल के नितल पर की विषमताओं के समान हो सकती हैं, किन्तु महासागरीय नितल (ocean bed) की विषमताओं से भिन्न होती हैं।

समुद्री जल की संरचना (Composition of Sea Water)

समुद्र के जल की सबसे अधिक स्पष्ट विशेषता उसकी लवणता (saltness—खारीपन) में है, किंतु साधारण नमक के अतिरिक्त उसमें अनेक प्रकार के खनिज पदार्थ (mineral matters) घुले हुए मिलते हैं। सागर के १०० पौण्ड जल में लगभग ३३ (३४४) पौण्ड खनिज पदार्थ मिलता रहता है। इस खनिज पदार्थ में साधारण नमक तीन चौथाई (७७.७६%) में अधिक होता है। अन्य महत्वपूर्ण खनिज तत्त्व ये हैं—मैगनेशियम क्लोराइड (१०.८८%), मैगनेशियम सल्फेट (४.७४%), कैल्शियम सल्फेट (३.६०%), पोटेशियम सल्फेट (२.४६५%), और कैल्शियम कार्बोनेट (३.४५%)। इन पदार्थों के अतिरिक्त अन्य पदार्थ भी अनि लघुमात्रा में विद्यमान रहते हैं। सागर के जल में घुले हुए ये पदार्थ उसको मीठे पाना की अपेक्षा कुछ अधिक भारी (heavier) बना देते हैं। यदि मीठे जल का भार १ मान लिया जाए तो खारी जल का भार (weight) लगभग १.०२६ होगा।

लगभग ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) मीठे जल का भार लगभग ४,२०,५६,५०,००० टन होता है (प्रत्येक टन बराबर २२४० पौण्ड), जबकि उतने ही सामान्य खारी जल का भार ४,३१,४६,६६,६०० टन होता है। ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) सागर के जल में खनिज पदार्थ का भार लगभग १५,१०,२५,००० टन होता है। खनिज पदार्थ का यह भार, जमा किं स्पष्ट होगा, ४ घन किलोमीटर मीठे जल के भार तथा उतने ही घन किलोमीटर खारी पानी के भार के बीच के अंतर से अधिक होता है। अतः यह विदित होता है कि ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) सागर के जल का भार उतना नहीं होता है जितना कि ४ घन किलोमीटर (१ घन मील) मीठे जल का भार तथा खारी जल में उपस्थित नमकों का भार मिलाकर होना चाहिए। जब खनिज पदार्थ जल में घुलता है तो वह जल के आयतन (volume) को बढ़ा देता है किंतु उतनी मात्रा में नहीं बढ़ा पाना जितना कि घुले हुए खनिज पदार्थ का आयतन होता है। यदि सागर के जल से सभी नमकों का बाहर निकाल लिया जाए और सागर की द्रोणियों (ocean basins) से हटा दिया जाए तो सागर का तल ३० मीटर (१०० फुट) में अधिक नीचे को उतर जाएगा। यदि सागर के सभी नमक घोल के रूप में ठोस रूप में परिवर्तित करके एक तह (layer) के रूप में महासागर के नितल पर बिछा दिया जाए तो लगभग ५३ मीटर (१७५ फुट) मोटी एक परत तैयार हो जाएगी, और वह परत समुद्र के तल के जल (जो उस समय बिना नमक का हुआ) का लगभग २३ मीटर (७५ फुट) ऊंचा उठा देगी। यदि सागर के जल में घोल के रूप में उपस्थित सभी खनिज पदार्थों का जल से बाहर खींच लिया जाए तो खनिज पदार्थों का आयतन समुद्र के तल में ऊपर वर्तमान काल के समस्त स्पन्दगण्डों के आयतन के लगभग ३ के बराबर होगा।

खनिज पदार्थों के स्रोत (Sources of mineral matters)—नदियां निरंतर समुद्र में खनिज पदार्थों को लाती रहती हैं। हम देख चुके हैं कि नदियां

अधिकांशतः झरनों (springs) से जल प्राप्त करती हैं, और झरनों का जल अधो-भौमिक (underground) अवस्था में चट्टानों से विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थों को अपने में मिला लेता है। सम्भवतः नदियाँ समुद्री खनिज पदार्थों की मुख्य स्रोत हैं, किन्तु समुद्र का जल भी स्वयं अपने नीचे की चट्टानों से खनिज पदार्थों को अपने में घुला लेता है। प्रत्येक वर्ष नदियों द्वारा समुद्र को घोल के रूप में लाये गये खनिज पदार्थों की मात्रा लगभग २ घन किलोमीटर (आधा घन मील) के बराबर अनुमानित की गयी है।

नदियाँ समुद्रों में खनिज पदार्थों को उन अनुपातों में नहीं पहुँचाती हैं जिनमें कि वे मागों के जल में पाये जाते हैं। नदी के जल में घुले हुए खनिज पदार्थों में कैल्शियम कार्बोनेट (calcium carbonate) सबसे अधिक मात्रा में मिलता है, जबकि माघारण नमक (common salt) उसके छोटे अंगों में से एक है, जिसकी मात्रा इतनी कम होती है कि वह स्वाद द्वारा भी नहीं जानी जा सकती है। फिर भी, मागर के जल में नमक की मात्रा कैल्शियम कार्बोनेट की मात्रा की अपेक्षा २०० गुनी अधिक है। यह महान अन्तर एक ऐसा प्रश्न है जिसका उत्तर तलाश करना परमावश्यक है।

यह व्यान रखना चाहिए कि वे खनिज पदार्थ जो समुद्र में अधिकता से पाये जाते हैं, ऐसे नहीं हैं जो स्थल की चट्टानों में भी अधिकता से ही पाये जाते हैं। स्थल की चट्टानों के वे खनिज पदार्थ जो सरलता से घुलनशील (soluble) होते हैं, जैसे कैल्शियम कार्बोनेट, नदी के जल में घुल जाते हैं और वहाँ से वे, कम घुलनशील (less soluble) पदार्थों की अपेक्षा अधिक मात्रा में समुद्र तक पहुँच जाते हैं। सागर के जल में पाये जाने वाले अनेक खनिज पदार्थ उसी रूप में नहीं होते हैं जिस रूप में वे स्थल की सामान्य चट्टानों में विद्यमान होते हैं, किन्तु उनका निर्माण चट्टानों में स्थित खनिज एवं वायु में स्थित गैस (gases) (विशेषकर CO_2) के मिश्रण से होता है। उदाहरण के लिए, अनेक ज्वालामुखी चट्टानों में कैल्शियम अनेक प्रकार के जटिल मिश्रणों (combinations) के रूप में मिलता है। जब ये जटिल सम्मिश्रण टूट जाते हैं, कैल्शियम वायु की कार्बन-डाइ-ऑक्साइड के साथ मिलकर कार्बोनेट बनाता है। नदियों द्वारा मागर में ले जाये गये कैल्शियम कार्बोनेट नाम के इस पदार्थ का यह एक उत्तम स्रोत है। इसके अतिरिक्त, माघारण चट्टानों में नमक नहीं होता, किन्तु फिर भी उनमें से कुछ जैसे ग्रेनाइट नाम की चट्टानों में सोडियम नाम का पदार्थ होता है जो नमक जैसा ही एक तत्त्व होता है। जब सोडियम उम क्लोरीन में मिलता है जो अधिकांश भूमिगत-जल में थोड़ी सी मात्रा में उपस्थित होता है, तो उसके फलस्वरूप नमक बन जाता है। थोड़ा सा नमक प्राप्त करने के लिए काफी अधिक मात्रा में चट्टान की आवश्यकता होती है। अतः समुद्र में विशाल मात्रा में नमक मिल जाने का अर्थ यह हुआ कि उतने नमक की प्राप्ति के लिए पर्याप्त अधिक मात्रा में चट्टानों का अपक्षयण (erosion) हुआ होगा।

दूसरे विपरीत, समुद्र में कुछ खनिज पदार्थ चट्टानों में सरल घोल (simple solution) द्वारा मिल जाते हैं। लाइम कार्बोनेट के विषय में यह अधिकांशतः सत्य है, जो चूने के पत्थर (limestone) का ही घुला हुआ पदार्थ है।

समुद्र से खनिज पदार्थों का निकाला जाना (Withdrawal of mineral matter from the sea)—सागर के जल में कुछ पदार्थ घोल के रूप में मिले रहते हैं। समुद्र के कुछ जीव अपनी शक्तियाँ (shells—कवच), चोल (tests) आदि बनाने के लिए जल में घुले हुए इन पदार्थों में से कुछ पदार्थों को निकाल लेते हैं। अधिकांश शक्तियाँ कैल्शियम कार्बोनेट से बनती हैं, किंतु ऐसा पतीत होना है कि ये जीव मरफेंट ऑफ कैल्शियम का कैल्शियम कार्बोनेट में बदल कर शक्तियाँ बनाने में समर्थ होते हैं। अतः समुद्र के भीतर पर्याप्त मात्रा में कैल्शियम कार्बोनेट के आने रहने पर भी उसकी मात्रा अपेक्षाकृत अत्यन्त ही कम है, क्योंकि समुद्री जानवर तथा पौधे, जितनी ही शीघ्रता से यह समुद्र में लाया जाता है लगभग उतनी ही शीघ्रता से इसकी कवचा तथा अन्य कठार भागों के निर्माण के लिए प्रयोग में लाते रहते हैं। मिनिंका (silica) भी, यद्यपि सागर के जल में केवल थोड़ी सी ही मात्रा में मिलती है, कुछ जीवाणु पौधा द्वारा उसी प्रकार से खींच ली जाती है जिस प्रकार से अन्य जीव आदि कैल्शियम कार्बोनेट को खींच लेते हैं। इसके विपरीत, नमक समुद्र के किसी भी जीव अथवा पौधे द्वारा प्रयोग में नहीं लिया जाता है, अतः वह जल के साथ घुला हुआ बना रहता है तथा उसकी मात्रा निरन्तर बढ़ती ही जाती है (यदि मानव द्वारा नमक न उनाया जाए), इस प्रकार अतीतकाल से ही समुद्र के भीतर जो नमक पहुँचा है उसका अधिकांश आज भी वहाँ पर बचा हुआ ज्ञात होता है।

महासागर की आयु (The age of the ocean)—आधुनिक काल में जिस गति से नदियाँ स्थल से समुद्र में नमक पहुँचा रही हैं, उसके अनुसार समुद्र के नमक को एकत्रित होने में लगभग ३७,००,००,००० वर्ष लग गये होंगे। किंतु यह किमी भी प्रकार से निश्चित नहीं है कि नमक समुद्र में सदैव वर्तमान गति से ही लाया गया है, और यह निश्चित है कि समुद्र में जाय गये नमक का कुछ भाग उन महान नमक के स्तरों (beds) के निर्माण के लिए पुनः समुद्र में खींच लिया गया है जो पृथ्वी के विभिन्न भागों में विद्यमान हैं। अतः, यद्यपि ३७,००,००,००० वर्ष का काल समुद्र की निश्चित आयु नहीं माना जा सकता है, तथापि उसमें हमें उस लम्बे काल की अवधि का संकेत अवश्य मिलता है जिसमें महासागर अस्तित्व में रहा है। कुछ अन्य विचार, जिनका यहाँ विस्तृत व्योम नहीं दिया जा सकता है हमें इस निष्कर्ष पर पहुँचाते हैं कि उपर दी हुई सरल के शायद अत्यधिक बड़ी होने की अपेक्षा अत्यधिक छोटी जान पड़ने की सम्भावना है।

समुद्र के जल में गैसें (Gases in sea water)—सागर के जल में घाल के रूप में वर्तमान ठोस द्रव्यों के अतिरिक्त अनेक गैसें भी हैं। सबसे अधिक मात्रा में तो वे ही हैं जो वायु में प्रचुर मात्रा में पायी जाती हैं—ऑक्सीजन

ऑक्सीजन और कार्बन-डाइ-ऑक्साइड। घोल में इन गैसों की मात्रा स्थान-स्थान एवं समय-समय पर बदलती रहती है, किन्तु अनेक विश्लेषणों (analyses) के औसत से ज्ञात होता है कि सागर के जल में गैस की सम्पूर्ण मात्रा का लगभग ३७.३% नाइट्रोजन, ३३.३% ऑक्सीजन और १६.३% कार्बोनिक् एसिड गैस का है। गैस की समस्त राशि में जो महासागरों के जल में घुली हुई है, वास्तव में ऑक्सीजन की मात्रा वायु में स्थित गैस की मात्रा का $\frac{3}{8}$ से अधिक है, नाइट्रोजन की मात्रा लगभग $\frac{1}{4}$ और कार्बन-डाइ-ऑक्साइड की मात्रा वायु में की मात्रा की अपेक्षा १८ गुनी अधिक है।

सागर के जल में गैसें मुख्यतः वायुमण्डल से आकर मिलती हैं, और उनका अनुपात प्रत्येक गैस के दबाव, घुलनशीलता और जल के तापमान द्वारा निर्धारित होता है। ओष्ण (warm) जल की अपेक्षा शीतल जल में गैसों अधिक घुलनशील होती हैं, और कार्बन-डाइ-ऑक्साइड ऑक्सीजन की अपेक्षा अधिक घुलनशील होती है। ये गैसें जल के तल पर एक बार घुल जाने के पश्चात् जल की गतियों एवं प्रसरण (diffusion) द्वारा महासागर के जल में वितरित हो जाती हैं। जल में रहने वाले जीवों के द्वारा भी सागर के जल को कार्बन-डाइ-ऑक्साइड की प्राप्ति होती है; यह गैस समुद्रों में स्थित ज्वालामुखियों के विवरों (vents—मुखों) से भी निकलती है।

जल में स्थित ऑक्सीजन समुद्र में रहने वाले जीवों द्वारा निरन्तर ही व्यय होती रहती है और इसकी प्राप्ति उतनी ही शीघ्रता से वायु में से घोल द्वारा नयी वनी रहती है। सागर के जल की बढ़ती हुई गहराई के साथ जल में स्थित ऑक्सीजन की मात्रा यहाँ तक कम होती जाती है कि अधिक गहराइयों में इसका अभाव ही हो जाता है। इस अभाव के कारण ही सम्भवतः वहाँ पर प्राणी जीवन की भी अधिकता नहीं है। यद्यपि प्रसरण (diffusion) की क्रिया निरन्तर नीचे की ओर को होती है, तथापि यह अति मन्द गति से होती है। जल की नाइट्रोजन किसी काम में नहीं आती है और वह सम्भवतः घोल के रूप में वर्षों और युगों से पड़ी है। समुद्र की कार्बन-डाइ-ऑक्साइड समुद्र के कुछ पौधों द्वारा व्यय की जाती है, और समुद्री जीवों तथा ज्वालामुखी के मुखों द्वारा निकाली गयी कुछ वायु में मिल जाती है। वायु में स्थित कार्बन-डाइ-ऑक्साइड का यह एक स्रोत है।

जल में घुली हुई गैसें जल के परिमाण को अधिक प्रभावित नहीं करती हैं, यद्यपि वे उसमें तनिक वृद्धि अवश्य करती हैं।

सागर के जल की लवणता (खारीपन), घनत्व और गति (Salinity, density and movement)—सागरों के विभिन्न भागों के जल में नमक एवं अन्य खनिज पदार्थों की मात्राएँ तनिक भिन्न-भिन्न होती हैं। इस भेद के कई कारण हैं—(१) कुछ स्थानों में अन्य स्थानों की अपेक्षा वाष्पीकरण अधिक तेजी से होता है। चूँकि जब सागर के जल का वाष्पीकरण होता है तो जल में घुले हुए लवण पीछे छूट जाते हैं, अतः जहाँ अधिक वाष्पीकरण होता है वहाँ का जल अधिक खारी हो जाता है। घोल में खनिज पदार्थ की मात्रा जितनी ही अधिक होती है, जल का घनत्व

उतना ही अधिक होता है, (२) जहा बर्फ अधिक होती है वहा पानी मीठा होता रहता है और वह अधिक हलका हो जाता है, (३) जहा नदिया समुद्र में प्रवेश करती है, वहा वे मीठा जल ले आती है जो खारी जल के साथ मिलकर उसका अधिक हलका बना देता है।

उपयुक्त सभी प्रकारों में महासागर के शीर्ष पर सागर के जल की लवणता निरंतर बदलती रहती है। लवणता का प्रत्यक्ष परिणत जल के घनत्व को बदल देता है, और असमान घनत्व ही जल के संचलन (movement—गति) का कारण बन जाता है। जब तल का जल नीचे के जल की अपेक्षा अधिक घना हो जाता है, तो वह नीचे की ओर डूब जाता है, और खारा आर से अधिक हलका जल उसके ऊपर आ जाता है। जब तल का जल उसी स्तर पर पास-पड़ोस के जल की अपेक्षा कम घना हो जाता है तब अधिक भारी जल हलके जल को उसके स्थान से हटा देता है और उसके तल पर फैल जाने के लिए बाध्य कर देता है, इसका कारण भी ठीक वसा ही होता है जैसा कि तेल का जल के ऊपर फैलने का होना है। चूंकि जल की लवणता में निरंतर भेद उत्पन्न होते रहते हैं, अतः लवणता की विषमताओं में उत्पन्न घात्व का विषमताओं के कारण होने वाली गति स्थायी होती है। इस प्रकार उत्पन्न गतिया उदग (vertical) होती हैं तथा कुछ अंश में क्षैतिज भी। ये सामान्यतया इनकी मद होती है कि वे जड़स्थ रहती हैं, और वास्तव में उनको उचित रूप में 'क्रीप' (creep—सप की भांति रेंगने की क्रिया) कहा जा सकता है।

वृत्तिपर्य अवस्थाओं में जल का घनत्व

(Density of Water under Certain Conditions)

३९° फा० पर शुद्ध जल का घनत्व १.००

२१.२° फा० पर शुद्ध जल का घनत्व ९५

६०° फा० पर सागर के तल पर जल का घनत्व १.०२४ से १.०३ तक

८ किलोमीटर (५ मील) नीचे सागर के जल का घनत्व १.०६

लवणता और रंग (Salinity and colour)—सागर का जल साधारणतया नीला जयका हरा होता है किंतु इसका रंग स्थान स्थान एवं समय समय पर बदलता रहता है। अनेक पर्यवेक्षणों (observations) से ऐसा मकेन मिलता हुआ बात होता है कि सागर के जल का नीला रंग लवणता की वृद्धि द्वारा अधिक गहरा हो जाता है। गर्म स्टीम की धारा लंबेदूर के समीप की कम गहरी शीतल धारा की अपेक्षा स्पष्टतः अधिक नीली है, और भूमध्यसागर के समान स्थल में स्थित सागर जहाँ घुले हुए महासागर की अपेक्षा अधिक खारी है, अधिक गहरे नीले रंग के हैं। उच्च अक्षांशों के शीतल एवं कम खारी समुद्र प्रायः स्पष्टतः हरे रंग के हैं। जल में आलम्बन (suspension) के रूप में ठोस पदार्थों के कारण भी रंग के कुछ भेद हो जाते हैं। छोट-छोट जीवधारी एवं पौधे, और स्थल में घुलकर अथवा उड़कर लाया गया तलछट अथवा समुद्र के नीचे स्थित विस्फोटक (explosive), ज्वालामुखियों द्वारा उत्पन्न तलछट आदि सभी वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई देने वाले जल के रंग का

प्रभावित करती है। आकाश की स्वच्छता भी जल के रंग को प्रभावित करती है, जब सूर्य चमकता है तो रंग अति भिन्न-भिन्न आभाओं (hues) को धारण करता है और जब आकाश बादलों से घिरा हुआ होता है तो अन्य आभाएँ दिखाई देनी हैं।

सागर का तापमान

(Temperature of the Sea)

सागर के तापमान का विचार करते समय, उसके तल पर तथा नीचे के, दोनों ही तापमानों का विचार करना चाहिए।

तल पर (At the surface)—सामान्यतः महासागरो के जलो के तल का तापमान भूमध्यरेखा से ध्रुवों की ओर उसी प्रकार कम होता जाता है जैसे कि वह स्थल पर होता जाता है (चित्र ४७३)। यह भूमध्यरेखीय प्रदेशों में लगभग 50° फा० से ध्रुवीय प्रदेशों में लगभग 25° फा० तक भिन्न होता है। तापमान जब 25° फा० से नीचे गिरता है, तब मागरो का जल जम जाया करता है और हिम के तल का तापमान उतना नीचा गिर सकता है जितना कि उसके ऊपर की वायु का तापमान नीचे गिर जाता है, किन्तु हिम के ठीक नीचे के जल का तापमान 25° फा० से अधिक नीचे नहीं गिरता है। अक्षांश की वृद्धि के साथ तापमान का घटाव कभी भी नियमित नहीं है, जैसा कि समतापी रेखाचित्रों द्वारा स्पष्ट है। उदाहरण के लिए, चित्र ४७४ और ४७५ में महामागर के ऊपर समतापी रेखाएँ (isothermal lines) अक्षांश की समानान्तरों के साथ कदापि समानान्तर नहीं हैं।

महासागर के ऊपर समतापी रेखाएँ अक्षांश की समानान्तरों से स्पष्ट रूप में असमानान्तर हैं, इसके कई कारण हैं। यह असमानान्तरता खुले हुए महासागर में मुख्य रूप से महामागर की धाराओं के कारण होती है। इन धाराओं में से कुछ धाराएँ ऐसे जल की धाराएँ होती हैं जो अपने से अधिक ओष्ण (warm) जल में बहता होता है। और कुछ धाराएँ ऐसे जल की धाराएँ होती हैं जो अपने से अधिक शीतल जल में बहता होता है। पहली दशा की धाराएँ शीतल धाराएँ, और द्वितीय प्रकार की गरम धाराएँ कहलाती हैं। शीतल धारा किसी समताप रेखा को भूमध्यरेखा की ओर, और गरम धारा किसी समताप रेखा को ध्रुवों की ओर मोड़ देती है। चित्र ४७४, उत्तरी अटलाण्टिक महामागर में समताप रेखाओं की स्थिति पर उष्ण धारा के प्रभाव का उत्तम उदाहरण है।

अन्य ऐसे कारण हैं जिनसे भूमध्यरेखा से ध्रुवों तक महासागर के तल के जल का तापमान स्थिर गति से कम नहीं हो पाता है। वे ये हैं—(१) समुद्र में प्रवेश करने वाली नदियाँ उस सागर के जल की अपेक्षा, जिनमें कि वे प्रवेश करती हैं, कभी-कभी (विशेषतः ग्रीष्म में) अधिक उष्ण होती हैं, और कभी-कभी (विशेषतः जाडो में) अधिक शीतल होती हैं। अतः नदियाँ भी सागर के तल के जल के तापमानों में भिन्नता उत्पन्न करने में सहायक हो जाती हैं; और (२) निचले अक्षांशों में घिरी हुई अथवा अंशतः घिरी हुई समुद्र की शाखाएँ (arms) उसी अक्षांश में खुले हुए महासागर की अपेक्षा अधिक उष्ण होती हैं, और ऐसी अवस्थाओं में सागर के

तापमान उच्चतम पाये जाते हैं। बालसागर के तल का तापमान कभी कभी ६०° अथवा १००° फा० भी होता है।

तापमान एवं संचलन (Temperature and movement)—यदि शीतल एवं ओष्ण जल समान रूप में मारी हो तो शीतल जल की अपेक्षा ओष्ण जल अधिक झुका होता है। अतः विषम तलों के तापमान तल के जल में संचलन (गति) उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार से उत्पन्न गति स्वभावतः उच्च अक्षांशों के अधिक शीतल जल द्वारा निचले अक्षांशों में उभी स्तर (level) के अधिक ओष्ण जल का विस्थापन (displace) करने का कारण बन जाती है, और निचले अक्षांशों का अधिक ओष्ण जल तल के ऊपर विस्तृत रूप में फैल जाता है। अतः यह गति चक्र के आकार की (circulatory) होती है। इस प्रकार से उत्पन्न गतियाँ मंदैव मंद होती हैं, किन्तु तल का तापमान असमान तापन, नदियों के प्रवेश और पिघलती हुई हिम के कारण निरन्तर विषम बना रहता है, अतः तापमान में निरन्तर नयी नयी विषमताएँ उत्पन्न होती रहती हैं, जिनके कारण तल के जल का निरन्तर गतिमान रहने रहना अनिवार्य है।

तापमान में दैनिक एवं ऋतु के अनुसार परिवर्तन होते रहते हैं, समुद्र का तल इन तापमानों के परिवर्तनों से प्रभावित हुआ करता है। दोनों ही अवस्थाओं (दैनिक एवं ऋतु) में, समुद्र के तल के तापमानों का परिवर्तन उभी अक्षांश पर स्थित स्थल के तापमान के परिवर्तन की अपेक्षा कम हुआ करता है।

तल के नीचे का तापमान (Temperature beneath the surface)—केवल उन स्थानों को छोड़कर जहाँ समुद्र के तल का जल हिमाक पर अथवा हिमाक के समीप होता है, शेष स्थानों में समुद्र की बढ़ती हुई गहराई के साथ तापमान अधिक शीतल होता जाता है। जहाँ पर तल का जल उष्णतम भी होता है, वहाँ कुछ सौ फीट्स (fathoms) की गहराई पर (८०० फीट्स से शायद ही अधिक, और सामान्यतः बहुत कम) जल का तापमान ४०° फा० से नीचे रहता है, और नित्य पर और भी अधिक शीतल होता है। निम्न मारणी समुद्र की विभिन्न गहराइयों पर समुद्र के औसत तापमान की प्रकट करती है—

गहराई		तापमान
मीटर	फुट	फा०
१८०	६००	६०.७०
३६०	१,२००	५०.००
६००	३,०००	४१.१०
१,८००	६,०००	३६.५०
३,६६०	१३,२००	३५.२०

यह अनुमान किया जाता है कि महासागर के जल के $\frac{1}{2}$ भाग से अधिक जल का तापमान 40° फा० से अधिक ऊँचा नहीं होता है, यद्यपि इसका औसत तापमान सम्भवतः 35° फा० से नीचे है। सागर के गहरे नितल पर का तापमान अधिकांशतः 35° फा० से नीचे रहता है। सागर

के नितल के वे भाग जहाँ तापमान 40° फा० तक है, केवल वे ही समुद्र हैं जहाँ या तो जल उथला है, अथवा वे क्षेत्र निचले अक्षांशों में हैं। इस प्रकार के क्षेत्र सम्पूर्ण सागर के क्षेत्रफल के ८% से अधिक नहीं हैं। चित्र ५६२ दक्षिणी अटलाण्टिक के एक ताप-

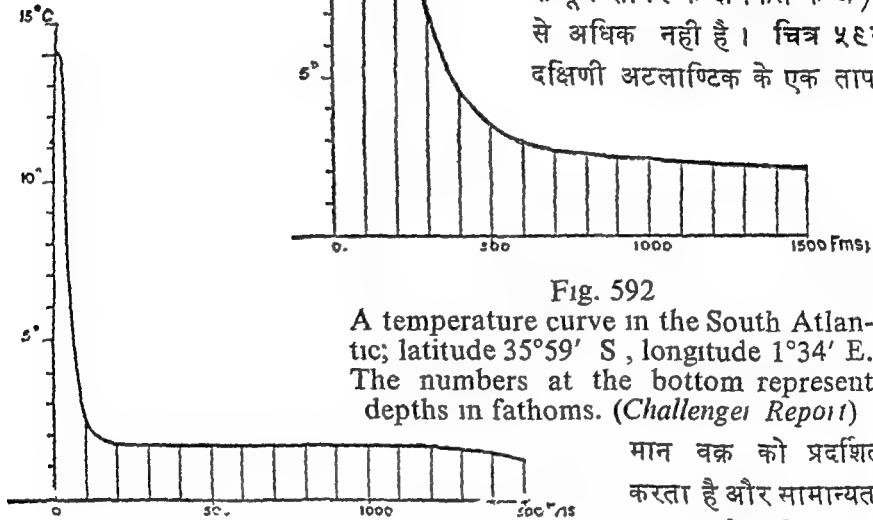


Fig. 593

Temperature curve for the South Atlantic, where the water is affected by the Antarctic current; latitude $42^{\circ} 32' S$, longitude $56^{\circ} 27' W$. (Challenger Report)

मान वक्र को प्रदर्शित करता है और सामान्यतः महासागरों की उत्तम और आदर्श दशा का सूचक है। इससे २०० और ४०० फीट की गहराइयों के बीच

तापमान की महान निचाई प्रकट होती है। चित्र ५६३ का वक्र कम सामान्य (less normal) होते हुए भी पर्याप्त ध्यानाकर्षी (striking) है। ऐसे स्थानों में शीतल जल तल के समीप (१०० फीट तक) आ जाता है।

समुद्र का तापमान तल से नीचे प्रत्येक स्थान पर स्थिर गति से कम नहीं होता है। तल के नीचे स्पष्ट बाराएँ न्यूनाधिक होती हैं, इनमें से कुछ अपने पास-पड़ोस की अपेक्षा अधिक ओष्ण और कुछ अधिक शीतल होती हैं।

निचले अक्षांशों में, घिरे हुए सागरों के अधिक गहरे भागों के तापमान और खुले हुए सागर के अधिक गहरे भागों के तापमानों के बीच आश्चर्यजनक भिन्नता होती है। उदाहरण के लिए, लालसागर का तापमान तल पर 40° फा० या अधिक की अपेक्षा ३६० मीटर (१,२०० फुट) की गहराई पर 70° फा० तक कम हो जाता है, और तब १,०८० मीटर (३,६०० फुट) की गहराई में नितल तक लगभग स्थिर

रहता है (चित्र ५६४)। भूमध्यसागर के तल पर का तापमान ७५° फा० के आस पास की अपर्या २२५ मीटर (७१० फुट) की गहराई पर ५५° फा० तक गिर जाता है, और फिर ३,००० मीटर (१३,००० फुट) में नितल तक वस्तुतः स्थिर रहता है, जबकि बाहर के महासागर में उसके अधिक गहरे भागों में वह ३७° फा० तक गिर जाता है। इन घिरे हुए सागरों के गहराई का उच्च तापमान उन जल में डूबी हुई स्कावटों के कारण है जो अलग-अलग उनका महासागर में अलग कर देती हैं और

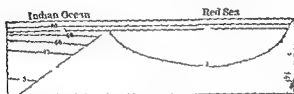


Fig 594

Diagrammatic section of Red Sea and the adjacent part of the Indian Ocean to illustrate the effect of a barrier on the temperature of the waters. The temperature is expressed in degrees Fahrenheit. The numbers at the left show depth in fathoms.

अधिक शीतल, और इसी कारण अधिक घन जल को भीतर आने देते और द्रोणा के शीप के नीचे के अधिक आण एव अधिक हलके जल का विस्थापित (displace) करने से रोकती है (चित्र ५६४)। सामान्यतः घिरे हुए सागरों के नितल का तापमान लगभग वही होता है जो जनमन स्कावट के शीप के उसी स्तर पर सटे हुए सागर के जल का तापमान होता है।

इन तथा अथ समान दशावा में स्थित ग्रीनिया व दूरिया से विद्रित होता है कि निचले अक्षांश में किसी घिरे हुए जलराशि के ऊपर चमकता हुआ सूर्य कुछ समय में उसको नितल तक गरम कर सकता है, यह दशा गहरे जल में भी उत्पन्न हो सकती है। इसलिए महासागर का नीचा एवं जीमन तापमान इसलिए नहीं होता है कि सूर्य उसका गरम करने में असमर्थ होता है।

सागर के जल की विशाल राशि के तापमान नीचे होता है, इसके कारणों की सरलता में समझा जा सकता है। (१) कुछ ऐसी गहराइयाँ तक जा ६० मीटर (२०० फुट) से ८० मीटर (२०० फुट) तक जबका कुछ और अधिक की है, सूर्य की गर्मी का प्रभाव प्रभाव जति होता है, यहां तक कि १८० मीटर (६०० फुट) में नीचे यह प्रभाव बिल्कुल ही नहीं होता है। वास्तव में यह अवस्था एक कारण ही महासागर की सम्पूर्ण जलराशि के निम्न तापमान की व्याख्या नहीं करता जैसा कि घिरी हुई ग्रीनिया की प्राकृतिक घटना से स्पष्ट है किंतु यह सम्झना का बस एक पहलू है। सवाहन की मन्द क्रिया (जल के भीतर) के द्वारा भी, महासागर को उसके नितल तक गरम कर सकने के लिए सूर्य पर्याप्त उन्ने काल

सागर के जल का संचलन (MOVEMENTS OF SEA WATER)

गतियों के कारण

(Causes of Movements)

हम देख चुके हैं कि सागर के जल में घनत्व (density) की असमानताएँ मुख्यतः (१) असमान लवणता (unequal salinity) और (२) असमान तापमान (unequal temperature) के कारण उत्पन्न होती हैं, और यह कि ये विषमताएँ स्वयं भी समुद्र के जल का एक स्थायी किन्तु मन्द संचार (circulation) निर्धारित कर देती हैं। संचलन (movement—गति) के उत्पन्न होने के अन्य कारण भी हैं, जिनमें से मुख्य निम्न हैं—(३) स्तर की विषमताएँ (unequalities of level), (४) पवन, और (५) आकाशीय पिण्डों (heavenly bodies), विशेषतः चन्द्रमा और सूर्य का अन्तरयुक्त आकर्षण (differential attraction)। इनके अतिरिक्त (६) कृत्रिम आकस्मिक (occasional) कारण भी होते हैं, जैसे कि भूचाल (earth-quakes), सागर के भीतर के ज्वालामुखीय विस्फोट (volcanic explosions) तल पर के भू-स्खलन (landslides on coasts) आदि, जो अस्थायी और कभी-कभी विनाशकारी गतियों को उत्पन्न करते हैं। (१) और (२) के प्रभावों का वर्णन पहले ही किया जा चुका है।

स्तर की असमता से उत्पन्न संचलन (Movements due to inequalities of level)—स्तर की असमानताओं में उत्पन्न गतियों के कारण ये हैं—(१) स्थल का जल जिस स्थान पर समुद्र में प्रवेश करता है उस स्थान पर वह समुद्र के तल का ऊँचा उठा देता है, (२) पवन जिन तटों के विपरीत चलती है, जल को उन तटों पर एकत्र कर देती है, (३) विभिन्न प्रकार की वर्षा तल को वहाँ सबसे अधिक ऊँचा उठा देती है जहाँ अधिक वर्षा होती है, (४) असमान वाष्पीकरण तल को वहाँ सबसे अधिक नीचा कर देता है, जहाँ वह अधिकतम होता है, और (५) वायुमण्डलीय दबाव की असमानता जहाँ वायुमण्डलीय दबाव ऊँचा होता है वहाँ जल का तल तनिक नीचे को दब जाता है।

स्तर की ऐसी सभी विभिन्नताएँ समुद्र के तल में गति उत्पन्न करती हैं। इस प्रकार की गतियाँ साधारणतया मन्द होती हैं। जहाँ तक कि वर्षा, वाष्पीकरण की भिन्नता और वायुमण्डलीय दबाव की भिन्नता से उत्पन्न गतियों का प्रश्न है, वे

सानान्यतः अवृज्य होती हैं। नदियों द्वारा लाये गये जल से उत्पन्न संचलन अधिक स्पष्ट होता है, और बड़ी नदियों के विषय में तट से कुछ दूरी तक स्पष्टतया ज्ञात होता है। जब पवन द्वारा किसी तट के विरुद्ध जल का एकत्रीकरण (piling) होता है तब शीघ्र ही अथवा देर में एक वापसी गति (return movement) भी होती है जो जल के तल को पुनः समतल बना देती है। भारत के तट पर १८६४ (५ अक्टूबर) में एक तूफान के समय कलकत्ता में जल २४ फुट ऊँचा उठ गया था जिसमें ४८,००० व्यक्ति डूब गये थे। गैल्वेस्टन (Galveston) के तूफान में जल के तल का उठाव, जिसका वर्णन पहले आ चुका है, सर्वाधिक विनाशकारी था। जल का उठाव अंशतः पवन और अंशतः नगर के ऊपर व्याप्त निम्न वायुमण्डलीय दबाव के कारण था।

चूँकि स्तर की विषमताओं को उत्पन्न करने वाले अनेक कारण निरन्तर क्रियाशील रहते हैं, अतः यह निष्कर्ष निकलता है कि स्तर की विषमताओं द्वारा उत्पन्न गतियाँ नदा ही स्थायी होती हैं।

यह स्मरण होगा कि स्थल के खण्डों के आकर्षण के कारण भी स्तर की विभिन्नताएँ उत्पन्न होती हैं। ये विषमताएँ कुछ अर्थों में स्थायी हैं, अतः वे सागर के जल में संचार उत्पन्न नहीं करती हैं।

पवन के कारण उत्पन्न संचलन (Movements due to wind)—ऊपर कहा गया है कि पवनों स्तर की अस्थायी विभिन्नताओं को जन्म देती हैं, किन्तु इसके अतिरिक्त वे जल को अन्य प्रकार से भी प्रभावित करती हैं। उनका सर्वाधिक परिचित प्रभाव लहरों को उत्पन्न करने में है, किन्तु जब वायु शीघ्रता से जल के ऊपर बहती है तो वह अपने साथ अपने नीचे तल के जल को भी खींच ले जाती है। चूँकि पवनों सदैव ही चला करती हैं, अतः जिन गतियों को वे जन्म देती हैं वे सदैव होती रहती हैं। जब पवन की कोई एक न्यूनाधिक स्थायी दिशा होती है, जैसा कि व्यापारिक पवनों के प्रदेश में है, तब उसी दिशा में तल के जल की कुछ स्थायी गति अवश्य होती है। एक दिशा में होने वाली निरन्तर गति अनिवार्य रूप से एक वापसी गति उत्पन्न करती है और दोनों गतियाँ मिलकर एक संचार (circulation) का निर्माण करती हैं।

सूर्य एवं चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण से उत्पन्न संचलन (Movements due to differential attraction of sun and moon)—सूर्य, पृथ्वी, चन्द्रमा आदि पिण्ड अपने आकार के अनुपात में एक-दूसरे पिण्ड को आकर्षित करते हैं, और विपरीत क्रम में (inversely) एक-दूसरे से अपनी दूरियों के वर्गों के अनुमाप एक-दूसरे को आकर्षित करने हैं; अर्थात् कोई पिण्ड जो दूसरे से दो गुना स्थूल है, समान दूरी पर दो गुनी आकर्षण शक्ति रखता है, और यदि किसी निश्चित मात्रा के दो पिण्डों में से एक, किसी तीसरे पिण्ड से दूसरे की अपेक्षा दो गुनी अधिक दूरी पर हो, तो तीसरे पिण्ड पर उनकी आकर्षण शक्ति का एक-दूसरे का अनुपात $\frac{1}{4} : 1$ ($\frac{1}{2}^2 : 1$) होगा।

चंद्रमा की ओर का पृथ्वी का भाग पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा चंद्रमा के अधिक समीप होता है, अतः वह केन्द्र की अपेक्षा अधिक तीव्रता से चंद्रमा की ओर आकर्षित होता है। इसके विपरीत, पृथ्वी का विपरीत भाग (side—पार्श्व) केन्द्र की अपेक्षा कम आकर्षित होता है। आकर्षण की इन विषमताओं के कारण तल के चंचल जल में हलचल उत्पन्न हो जाती है। सूर्य का आकर्षण इसके ही समान, किन्तु कम स्पष्ट, प्रभाव उत्पन्न करता है। पृथ्वी के विभिन्न भागों पर चंद्रमा एवं सूर्य के आकर्षण की ये विषमताएँ उन गतियों (movements—मचलनों) को जन्म देती हैं जिन्हें ज्वार भाटा कहा जाता है।

अक्सर विशेष के कारणों द्वारा संचलन (Movements due to occasional causes)—इस वर्ग में कुछ सामयिक एवं आकस्मिक कारणों से उत्पन्न गतियाँ जानी हैं जो कभी-कभी प्रचण्ड तरंग गतियाँ उत्पन्न करती हैं जो केवल कुछ थाड़े से ही समय तक चला करती हैं। उनके स्वभाव एवं प्रभाव के उदाहरण भूचालों के सम्बन्ध में पहले ही दिये जा चुके हैं। तटों के समीप के भू-स्खलन, समुद्र के भीतर ज्वालामुखियों के उद्गार आदि भी समुद्र के जल में प्रचण्ड किन्तु अस्थायी गतियाँ उत्पन्न करते हैं।

संचलन के प्रकार

(Types of Movements)

इन विभिन्न कारणों से उत्पन्न होने वाले सामान्य प्रकार के संचलन निम्न हैं—
(१) अपन अधोवाह (undertow) एवं तटीय अथवा समुद्रतटीय धाराओं (shore or littoral currents) सहित लहरें, (२) सागरीय धाराएँ (ocean currents), (३) अपोढ (drift—मंद अस्पष्ट धाराएँ), (४) स्रवण (creep—ऐसी गतियाँ जो क्षण में अति मंद होती हैं), और (५) ज्वार भाटा (tides)। प्रथम दो और अंतिम, तीसरी एवं चौथी की अपेक्षा अधिक स्पष्ट होती हैं, और कम स्पष्ट गतियाँ का महत्त्व प्रायः भुला दिया जाता है।

लहरें (Waves)

लहरों की प्रकृति एवं उनके कार्य के विषय में पहले ही बताया जा चुका है। चूँकि लहरों में जल साधारणतया आगे नहीं बढ़ता है, अतः महासागर के जल का कोई सामान्य संचार लहरों में शामिल नहीं होता। लहरों के कार्य के विषय में जो कुछ कहा गया है उसमें अतिशक्ति यह कहा जा सकता है कि औसत रूप में समुद्र जितना स्थल का निक्षेपण (deposition) द्वारा निर्माण करता है उसकी अपेक्षा अधिक स्थल का अपक्षरण (erosion) द्वारा नष्ट भी करता है अतः यदि अथवा कोई व्यवधान (रकावट) न पायें तो समुद्र अपने तटों की ओर अपने निरन्तर बढ़ाव द्वारा अंत में समस्त स्थलखण्ड को नष्ट कर देगा। इस बात का सचेत किया जा चुका है कि तटों की विशाल अमानताओं की तरंगों द्वारा होने वाला अपक्षरण समाप्त कर दिया करना है, किन्तु वह छोटी छोटी विषमताओं का समाप्त नहीं कर

पाता है। पर्याप्त समय के बीत जाने पर तटों के समीप किया गया निक्षेपण भी तट की व्यवस्था को विकसित करता है, किन्तु अस्थायी रूप में निक्षेपण द्वारा तट अति अनियमित बन सकता है। समग्र रूप में (on the whole), तटीय क्रियाओं का अन्तिम प्रभाव तटों को अधिक व्यवस्थित (regular) बनाने वाला होता है, यद्यपि आरम्भ में उनमें पर्याप्त अव्यवस्था हो सकती है।

धाराएँ (Currents)

महामागरो के विभिन्न भागों में न्यूनाधिक रूप में (more or less) स्पष्ट धाराएँ होती हैं। जलयाना करने वाले पालदार जहाजों के मार्ग पर बहते हुए जल के प्रभाव द्वारा सर्वप्रथम उनका ज्ञान हुआ था। विभिन्न अन्य प्रकारों से, जैसे कि उनमें रखी गयी तैरने वाली बोतलें उनके मार्ग का अनुसरण करती हैं, उनकी दिशाएँ सिद्ध हो चुकी हैं।

अधिक प्रसिद्ध धाराएँ सागर के तल पर होती हैं, जो कई सौ मीटर की गहराई तक नीचे की ओर फैली रहती हैं; किन्तु कुछ धाराएँ तल के नीचे भी होती हैं, जैसा कि तापमानों के भेदों तथा कुछ अन्य प्राकृतिक घटनाओं द्वारा प्रकट होता है। स्थल पर प्रवाहित धाराओं की अपेक्षा महासागर की धाराएँ बहुत कम स्पष्ट

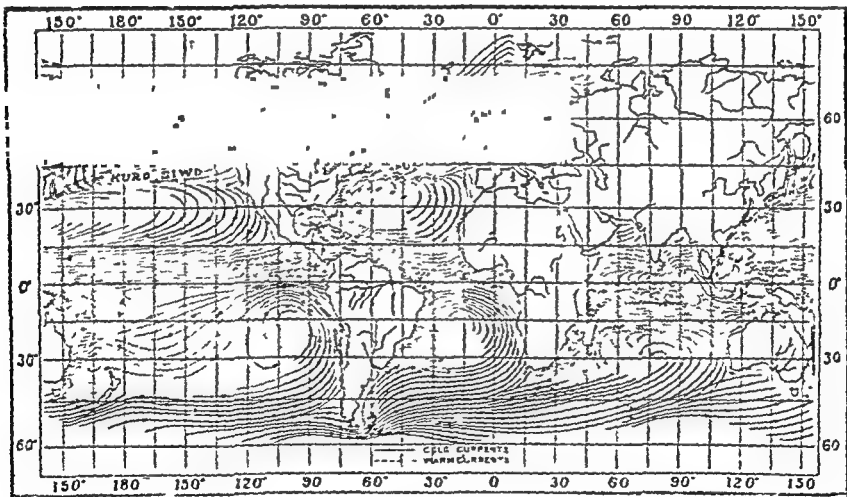


Fig. 595
Ocean currents and drifts.

होती हैं, क्योंकि महामागर की धाराएँ तल द्रव के मध्य बहती हैं जबकि स्थल की धाराएँ ठोस किनारों के बीच ठोस स्तरों (beds) के ऊपर से बहती हैं। महामागरों में जितनी गतियाँ होती हैं उनमें से धाराएँ सबसे अधिक स्पष्ट गतियाँ होती हैं।

चित्र ५९५ सागर के तल के जल की गतियों के सामान्य मार्ग को प्रकट करता है। चित्र तल के जल के एक विशाल भाग को संचलन में लगा हुआ उपस्थित

करता है। अटलाण्टिक एवं प्रशांत दोनों महासागरों में निम्न अक्षांशों में तल के जल की गति पश्चिम की ओर का है। ये भूमध्यरेखीय धाराएँ (equatorial currents) अथवा अपोढ़ (drifts) हैं, जैसा कि उनका कभी-कभी कहा जाता है। प्रत्येक महासागर में दो दा अपोढ़ हैं, और उनके बीच-बीच में एक-एक सर्वांग प्रति-धारा (counter-current) पूर्व की ओर की बहती है। दक्षिणी अमरीका के समीप पहुँच जाने पर अटलाण्टिक की भूमध्यरेखीय धाराएँ वितरित हो जाती हैं, एक भाग दक्षिण-पश्चिम की ओर दूसरा उत्तर पश्चिम की ओर घूम जाता है। दूसरे भाग का एक भाग कैरीबियन सागर के मध्य से बहता हुआ मैक्सिको की खाड़ी में जाता है। खाड़ी से एक सुस्पष्ट धारा, गल्फ स्ट्रीम (Gulf Stream), ब्यूबा और फ्लोरिडा के बीच के सर्वांग भाग में हाकर बाहर निकलती है। इसमें जो जल जाता है वह अंशतः उस जल से आता है जो भूमध्यरेखीय अपोढ़ से खाड़ी में आता है, और अंशतः उस जल की विज्ञान माना से आता है जो स्थल से खाड़ी में प्रवेश करता है। खाड़ी से निकलने वाली धारा जहाँ पर वह अधिकतम बग से बहती है, प्रति घण्टा ७ किलोमीटर (४ मील) से अधिक बग के साथ बहती है।

फ्लोरिडा और ब्यूबा के बीच अपने सर्वांग उथल जलमात्र से बाहर निकलने पर गल्फ स्ट्रीम अधिक चौड़ी एवं गहरी हो जाती है। बाग अपने नीचे जाने एवं बगते वाले चलते हुए जल को अपने साथ खींच ले जाती है, और जैसे-जैसे जल अधिक होता जाता है वैसे-वैसे इसकी जाग को बढ़ने की गति मद हाती जाती है। खुले हुए महासागर में इसके चलने की गति सम्भवतः प्रतिदिन १६ किलोमीटर (१० मील) से २३ किलोमीटर (१५ मील) तक से अधिक नहीं है। ज्यों ही ज्यों धारा मद होती जाती है, उसकी सीमाएँ अस्पष्ट होती जाती हैं। खुले महासागर में इसका पता इसकी गति की अपेक्षा इसके तापमान, रंग, जीवन आदि द्वारा अधिक सरलता से लग जाता है।

खाड़ी की छाउने के बाद गल्फ स्ट्रीम पूर्व की ओर की घूम जाने की एक स्पष्ट प्रवृत्ति प्रकट करती है। इस प्रवृत्ति के अनुसार यह अटलाण्टिक का पार करती है, और जिस अक्षांश में यह अमरीका का त्याग करती है उसकी अपेक्षा ऊँचे अक्षांश में यूरोप के तट के समीप पहुँचती है। यहाँ पर यह रुई भागों में बँट जाती है और दूर तक फैल जाती है। इस स्थान तक पहुँचने में बहुत पहल हो, यह एक स्पष्ट धारा के स्वरूप का त्याग देती है और तब इसकी वास्तव में एक सामान्य किन्तु विस्तृत अपोढ़ समझना चाहिए।

भूमध्यरेखीय अपोढ़ का वह भाग जो दक्षिणी अमरीका के तट पर दक्षिण की ओर की घूम जाता है, पहले तो महाद्वीप के तट के साथ-साथ चलता है, किन्तु शीघ्र ही बायीं ओर की घूम जाने की प्रवृत्ति दिखाता है (चित्र ५६५)।

प्रशांत महासागर के भूमध्यरेखीय अपोढ़ भी इसी प्रकार के भागों का अनुसरण करत है। अटलाण्टिक की गल्फ स्ट्रीम के समान ही धारा के भाग का यहाँ पर जापान की धारा कहते हैं। हिन्द महासागर में भूमध्यरेखा के दक्षिण में

एक स्पष्ट भूमध्यरेखीय अपोड़ है, और उसका मार्ग अन्य महासागरों के उनी के अनुसार के अपोड़ों के दक्षिणी भाग के अपोड़ के मार्ग के समान नहीं है।

निचले अक्षांशों से ध्रुवों की ओर को चलने वाली मनसल धाराएँ गरम जल से युक्त होती हैं और उनको ओष्ण धाराएँ (warm currents) कहते हैं; वे धाराएँ अपने चलकर शीतल जल में प्रवेश करती हैं।

गरम धाराएँ ध्रुवों की ओर चलते-चलते फिर भूमध्यरेखा (दक्षिण) की ओर को चलने के लिए बाध्य हो जाती हैं, और यह प्रवाह उच्च एवं निम्न अक्षांशों में तापमान की विभिन्नताओं द्वारा बलवान बन जाता है। भूमध्यरेखा की ओर जाने वाले शीतल जल उत्तरी गोलार्द्ध में बाहिनी ओर और दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर को घूम जाते हैं, और इन घुमाव (deflection) के कारण दोनों गोलार्द्धों में महाद्वीपों के पूर्वी तटों पर जल का जमाव हो जाता है। दक्षिणी प्रशांत महासागर में दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर शीतल अपोड़ का प्रभाव भूमध्यरेखा तक भी अनुभव किया जाता है।

भूमध्यरेखा की ओर को जाने वाली धाराएँ उन अक्षांशों से आरम्भ होती हैं जहाँ हिम की अशिक्षता गहरी है। वे शीतल होती हैं, किन्तु इतनी त्वांगी नहीं होतीं (शीघ्र में) जितना कि मानस्य सागर का जल हुआ करता है। अतः अपने तापमान के कारण उनके जल को औसत सागर-जल की अपेक्षा अधिक घना होना चाहिए; किन्तु उनमें तनक का अभाव होने के कारण वह मानस्य सागर के जल की अपेक्षा कम मधन होता है। जैसे-जैसे जल भूमध्यरेखा की ओर बढ़ता है, वैसे ही वैसे वह अधिकाधिक ओष्ण और खारी होना जाता है, और जल में उनमें इतनी लवणता आ जाती है कि वह नीचे को बैठकर एक निचली ठण्डी धारा के रूप में भूमध्यरेखा की ओर अपने प्रवाह को जारी रखता है। इनके विपरीत, ध्रुवों की ओर को चलने वाली (उष्ण) धाराएँ निचले अक्षांशों में तल की धाराओं के रूप में विकसित होती हैं और उनमें लवणता की तनिक अशिक्षता के होते हुए भी अपने उच्च तापमान के कारण वे तल पर बनी गहरी हैं। किन्तु अपनी ध्रुवीय यात्रा में वे अधिक शीतल, अधिक नीठे पानी की धारा के नीचे डूब सकती हैं, और नीचे ही नीचे बहने वाली ओष्ण धारा (warm under-currents) के रूप में जारी रह सकती हैं। दोनों प्रकार की नीचे बहने वाली धाराओं (under-currents) का पता उन तापमापियों (thermometers) द्वारा लगता है जो तल के नीचे के तापमान को मापने के काम आते हैं।

सागर की धाराओं का कारण (Cause of ocean currents) — अदृष्टादृष्ट एवं प्रशांत दोनों ही महासागरों में भूमध्यरेखीय अपोड़, स्थिति एवं दिशा दोनों ही बातों में, व्यापारिक पवनों के साथ बहुत कुछ निकटता से मेल खाते हैं। चूँकि वे पवनें जो दिशा की दृष्टि से स्थिर हैं, अपने नीचे तल के जल की एक मानस्य गति उत्पन्न करेंगी, अतः यह विश्वास किया जाता है कि भूमध्यरेखीय धाराएँ अथवा अपोड़ व्यापारिक पवनों द्वारा उत्पन्न होते हैं। पश्चिम की ओर प्रवाहित होने वाले

भूमध्यरेखीय अपोडा का प्रभाव यह होता है कि वे जल को महाद्वीप, विशेषतः दक्षिणी अमेरिका, के पूर्वी तटों पर एकत्रित कर देते हैं। पश्चिम की ओर बहने वाला उत्तरी और दक्षिणी धाराओं के बीच का कुछ जल पूर्व की ओर की ओर जाता है और इस प्रकार भूमध्यरेखीय प्रशान्त मण्डला (equatorial calms) की सर्वांगीण प्रतिधाराओं (counter currents) का निर्माण करता है। उष्ण जल की इस प्रतिधारा का प्रभाव अफ्रीका के तट पर तथा भारत के दक्षिण में अनुभव किया जाता है।

उष्णकटिबंध के बाहरी अक्षांश (extra-tropical latitudes) में पवनें कम स्थिर रहती हैं अतः धाराएँ उत्पन्न करने में वे कम योग्य होती हैं। किन्तु गतिशीलता मानसून पवना के प्रदेशों में, जैसे कि भारत के आसपास तट के जल का अपाट उदरनी हुई पवना के साथ बहना है और इस प्रकार तट के जल की गति का उत्पन्न करने की पवन की शक्ति का प्रकट करता है।

यदि महासागर मावभौमिक (universal—सर्वत्र-व्यापी) हों तो व्यापारिक पवना के प्रभाव में भूमध्यरेखीय जल का पश्चिम की ओर का बहना वाला अपोड निम्नोद्देश स्वयं व्यापारिक पवना के साथ-साथ चलता, अर्थात् वह पृथ्वी का चक्कर लगाता होता। किन्तु जहाँ भूमध्यरेखीय अपाट का जल किसी महाद्वीप के पास पहुँचना है, जैसे कि अफ्रीका अमेरिका के पास, तो वह वहाँ से पश्चिमी भाग को त्याग देता है।

व्यापारिक पवना के नियंत्रण से बाहर निकल जाने के बाद प्रवाहित जल (१) महाद्वीपीय किनारा, (२) महासागर के नितन की समावृत्ति (configuration), (३) जहाँ वह पहुँचना है उन अक्षांशों की प्रचलित पवना, और (४) पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) द्वारा नियंत्रित होता है। अतः उसका मार्ग अर्थात् उन कारणों द्वारा निर्धारित होता है जो उसे उत्पन्न (generate) करते हैं और अर्थात् उन अन्य कारणों द्वारा जो उसका निर्देशन (direct) करते हैं।

महासागरीय धाराओं के विकास में अन्य तथ्य तापमान की विषमता है। अर्थात् तापमान के ही द्वारा स्पष्ट धाराएँ उत्पन्न नहीं होती किन्तु इस प्रकार से उत्पन्न गति का इस तथ्य से एकत्रित एवं निर्देशित हो सकती है कि पवन द्वारा उत्पन्न धाराओं को शक्ति मिल सके।

सागरीय धाराओं का जलवायु पर प्रभाव (Climatic effects of ocean currents)—किसी गरम सागरीय धारा व ऊपर की वायु गरम जल के साथ सम्पर्क द्वारा गरम हो जाती है। साथ अक्षांश में पश्चिमी पट्टा पवनें गरम वायु को महाद्वीप के तट व ऊपर प्रतिवात (leeward side) की ओर ले जाती है और इस प्रकार जाड़ा में जितना उनका तापमान होता उसकी अपक्षा उँचा तापमान उनको पहुँचानी है और साथ ही साथ उनका पर्याप्त आद्रता प्रदान करती है। उदाहरण के लिए, उत्तरी यूरोप के पश्चिमी किनारे का जल का तापमान गल्फ स्ट्रीम व न होन पर जितना बड़ा (नीपण) होता उसकी अपक्षा पर्याप्त मात्रा हो जाता है।

गल्फ स्ट्रीम निचले अक्षांशों से जो ऊष्मा उत्तरी ओर को ले जाती है उसकी मात्रा का अनुमान क्रौल (Croll) द्वारा इस प्रकार किया गया है, “कर्क-रेखा से आर्कटिक वृत्त तक उत्तरी अटलाण्टिक द्वारा सूर्य से प्राप्त समस्त ऊष्मा का एक चौथाई।” जहाँ तक स्थल का प्रश्न है, इसका लाभ मुख्यतः यूरोप को ही मिलता है।

इसी प्रकार की एक उष्ण जलधारा उत्तरी प्रशान्त में उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट के उत्तरी भाग की जाड़े की जलवायु की भीषणता को कम कर देती है। दक्षिणी गोलार्द्ध में भी इसी प्रकार के परिणाम देखने में आते, यदि वहाँ भी स्थल इस प्रकार से स्थित होते कि वे दक्षिणी महासागरों में तदनुकूल (corresponding) जलधाराओं के प्रभाव को अनुभव करते (अर्थात् दक्षिणी महासागरों में भी ऐसी ही धाराएँ चलती हैं, किन्तु वहाँ पर स्थल न होने के कारण प्रभाव का प्रश्न ही नहीं उठता—अनु०)।

यह नहीं समझना चाहिए कि उसी अक्षांश में स्थित उत्तर-पूर्वी उत्तरी अमरीका की अधिक भीषण जलवायु की तुलना में उत्तर-पश्चिमी यूरोप की अधिक रुचिकर (mild) जलवायु पूर्णतया गल्फ स्ट्रीम के ही कारण होती है। किसी उष्ण जलधारा के अभाव में भी महासागर उत्तर-पश्चिमी यूरोप के जाड़ों को उसी अक्षांश में उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट के जाड़ों की अपेक्षा कम भीषण (severe) बनाता। किन्तु गल्फ स्ट्रीम उस अन्तर में वृद्धि कर देती है जो इस दशा के न होने पर उनमें विद्यमान होता।

धाराओं का एक अन्य वायुमण्डलीय प्रभाव भी सम्भवतः उल्लेखनीय है। जब किसी उष्ण जलधारा के ऊपर होकर पवन बहती है, जैसे कि गल्फ स्ट्रीम के ऊपर, तो पवन भी उष्ण हो जाती है और प्रचुर मात्रा में आर्द्रता को ग्रहण कर लेती है। गरम जलधारा के ऊपर से अधिक शीतल जल के बहने से वायु का तापमान नीचा हो जाता है और उसकी कुछ आर्द्रता के सघनित (condensed) होने के फलस्वरूप कुहरा हो सकता है। गल्फ स्ट्रीम के प्रतिवात पार्श्व (leeward side) के साथ-साथ, उन अक्षांशों में जहाँ कि आसन्न (adjacent—सलग्न या समीपी) स्थल अथवा जल स्वयं धारा की अपेक्षा अत्यधिक शीतल है, कुहरे की घटनाएँ अति सामान्य रहती हैं। न्यू फाउण्डलैण्ड के अक्षांश में दक्षिण की अपेक्षा कुहरा बड़ी मात्रा में होता है, क्योंकि गल्फ स्ट्रीम और उसके पास-पड़ोस के तापमान में और अधिक दक्षिण की अपेक्षा यहाँ का अन्तर पर्याप्त अधिक है। गल्फ स्ट्रीम के आसपास उस समय भी कुहरा होता है जबकि पवन नहीं होती है। इसका कारण यह प्रतीत होता है कि ऊपर तथा दोनों पार्श्वों पर की अधिक शीतल वायु की समीपता द्वारा अधिक ओष्ण वायु शीतल हो जाती है, और गल्फ स्ट्रीम के ऊपर की वायु से जल की वाष्प दोनों पार्श्वों पर की शीतलतर वायु में प्रसारित हो जाती है।

उत्तरी अमरीका एवं यूरोप के उत्तर-पश्चिमी भागों में, विशेषतः शीत ऋतु

म, कुहग (fog) प्राय सामान्य होता है जो प्राय धुँव (mist) अथवा बादलों में परिवर्तित हो जाता है जो वर्षा करते हैं।

सागरीय धाराओं के श्रेणीकरण सम्बन्धी प्रभाव (Gradational effects of ocean currents)—महासागर के नितल पर धाराओं का अपक्षावृत्त न के बराबर प्रभाव पड़ता है और तटों पर तो प्राय कोई प्रभाव पड़ना ही नहीं है, क्योंकि इन दाना में धाराएँ किसी को भी नहीं छूती हैं। परन्तु जहाँ पानी उथला है, जैसे कि फ्लोरिडा और बयूबा के बीच में, वहाँ गल्फ स्ट्रीम अपने नितल तक पहुँच जाती है और उसको प्रभावपूर्ण रूप से घिमेंती है। घिमेंते की यह क्रिया बहुत कुछ उसी रूप में होती है जैसे कि कोई नदी अपने नितल का काटती है। घूमि सागरीय धाराएँ, स्थानीय अपवादा के अतिरिक्त उपक्षरण (erosion) के कार्य को नहीं करती हैं, अतः वे मलबे को नहीं ढोया करती हैं, किन्तु वे उन पदार्थों को जो समुद्री जीवा से उत्पन्न होते हैं, पर्याप्त मात्रा में ढाया करती हैं। जल, बिग्रेपत गरम धाराओं का जन, छोटे जीवधारियों से भरा रहता है, और ये जीवधारि अथवा जीवधारियाँ की मृत्यु के बाद उनकी शूलिनया (shells—ढाँके) बहुत दूर तक धाराओं के साथ बह सकने हैं।

ऐतिहासिक सम्भावनाएँ (Historical suggestions)—अटलाण्टिक की धाराओं में अमरीका के प्रारम्भिक इतिहास में महत्त्वपूर्ण भाग दिया था। नाथमैन (Northmen) द्वारा आइसलैण्ड में उपनिवेश स्थापित कर लिये जाने के पश्चात्, आर्कटिक से दक्षिण पश्चिम की धाराओं ने उत्तरी अमरीका की खोज का निकट भविष्य निश्चित कर दिया था। दक्षिणी भूमध्यरेखीय धारा ने, भारत जाने वाले पुनर्गानियों को १५०० ई० में दक्षिणी अमरीका के तटों पर पहुँचा दिया था।

बहल एव सपण (Drift and creep)—जहाँ धाराएँ अति क्षीण हो जाती हैं वहाँ उनको अपाठ (drift) कहते हैं, जैसे जहाँ कोई धारा एक विस्तृत क्षेत्र के ऊपर फैल जाती है और उसके प्रवाह की गति मन्द पड़ जाती है, तब वह अपाठ बन जाती है। सपण (creep—सप की भाँति रेंगना) द्रव्य में एक अति मन्द गति होती है। यह जल के विभिन्न भागों के विपरीत घनत्व से उत्पन्न हो जाती है।

ज्वार-भाटा (Tides)

प्रत्येक दिन, अथवा अधिक यथावत् रूप में प्रत्येक २४ घण्टा और ४२ मिनट में सागर के जल का तल दो बार ऊपर उठता और दो बार नीचे गिरता है। निम्नतम समय पर हानि वाता यह उठाव और गिराव ज्वार भाटे को पैदा करता है। ज्वार (flood tide—जल का उठाव) जब ऊँचा होता है तो वह लगभग ६ घण्टा तक उठता है और भाट (ebb tide) के समय लगभग ६ घण्टा में ही जन नीचे^१ गिरता है। अतः स्थाना में ज्वार क्रमिक चढ़ाव के रूप में 'धीन' आता है और

^१ माघारणतया भाटा ज्वार की अपक्षा कुछ अधिक सम्यक् होता है।

प्रत्येक लहर के बाद जल अपने पहले तल तक नीचे आने में असमर्थ हो जाता है, अनेक अन्य स्थानों में ज्वार अचानक ही उठता है और उसमें स्पष्ट लहरें नहीं होती हैं।

खुले महासागरो में ज्वार-भाटा दिखाई नहीं पड़ते, क्योंकि वहाँ पर कोई ऐसी वस्तु नहीं होती है जिससे जल का थोड़ा उठाव स्पष्ट दिखाई दे सके; किन्तु वे उन द्वीपों के आसपास देखे जा सकते हैं जिनके तटों पर उठाव एवं गिराव (जल का) नापे जा सकते हैं। खुले सागर में जल के उठाव का अनुमान लगभग १ या २ मीटर (२ या ३ फुट) तक का लगाया गया है। तटों के समीप अनेक स्थानों में उच्च एवं निम्न ज्वार-भाटों के बीच जल के तल में कई फुट का अन्तर होता है। उन खाडियों में जो समुद्र की ओर चौड़ी खुली हुई होती हैं किन्तु अपने शीर्ष की ओर सकीर्ण होती हैं, यह अन्तर कभी-कभी ६ मीटर (२० फुट) अथवा ६ मीटर (३० फुट) तक का होता है, अथवा किसी-किसी दशा में तो १५ मीटर (५० फुट) अथवा उससे भी अधिक होता है, जैसे कि फण्डी की खाड़ी में। जहाँ पर ज्वार-भाटा द्वीपों में होकर अथवा सँकरे जल-संयोजकों (straits—जल-सन्धि) में से होकर बहता है, वहाँ वह स्पष्ट धाराएँ उत्पन्न करता है, ये धाराएँ उन जलमार्गों को घिसती हुई चलती हैं जिनमें होकर वे गुजरती हैं।

कुछ स्थानों में ज्वार-भाटा किसी चौड़ी खुली नदी के मुहाने में ऊपर तक चला जाता है। जैसे-जैसे वह नदी की धारा में ऊपर को बढ़ता जाता है, वैसे ही वैसे जल के उथलेपन के कारण उसकी मात्रा रुकती जाती है और उसका अगला भाग एक प्रपाती (steep) और दीवार के समान ऊँची तरंग भी बन सकता है। इस प्रकार की तरंग को ज्वार-भित्ति (bore) कहते हैं। इस प्रकार की भित्तियों का अनुभव इंग्लैण्ड की सैवरन (Severn) एवं व्हाई (Whe), फ्रांस की सीन (Seine), कनाडा की पेटिट-कोडोक (Petit-Codiac), भारत की हुगली (Hugli), और चीन की त्सीन-टैंग-कियांग (T sien-Tang-Kiang) आदि नदियों में होता है। चीन की नदी में तो ये लहरें कभी-कभी ८ मीटर (२५ फुट) की ऊँचाई तक उठ जाती हैं और नावों के लिए बड़ी ही विनाशकारी सिद्ध होती हैं। इस अवसर पर यह अनुमान किया गया था कि १२½ लाख टन जल एक मिनट में ही एक स्थान के पास से एक ज्वार-भित्ति-तरंग में गुजर गया था। पहले कलकत्ता में व्यापारिक जहाज ज्वार-भित्ति के आने के समय सुरक्षा के लिए शीघ्रता से नदी की मध्यधारा में चले जाते थे।

प्रत्येक उच्च ज्वार के साथ ज्वार-भित्तियाँ दिखाई नहीं दिया करती, ये भित्तियाँ उन नदियों में भी दिखाई नहीं दिया करती जिनमें ज्वार-भित्तियाँ आया करती हैं। ऐसा प्रतीत होता है कि उनके विकास में अनुकूल पवन एक महत्वपूर्ण कारक बना करती हैं; अन्य अवसरों की अपेक्षा वे वृहत्-ज्वार (spring tide) के समय अधिक प्रबल होती हैं।

हडसन नदी से ट्रॉय (Troy) तक जहाँ ज्वार-भाटे का अन्तर लगभग १ मीटर से अधिक नहीं होता, उच्च ज्वारों का अनुभव किया जाता है किन्तु यह

अनुभव जल भित्तियों के समान नहीं होता है। यही अनुभव डेलावेयर (Delaware) के ऊपर लगभग ट्रेण्टन (Trenton) तक भी होता है। टोय और ट्रेण्टन तक क्रमशः गारा जल नहीं दौड़ पड़ता है किन्तु ज्वार नदिया के मुहाना पर समुद्र के तल को ऊँचा कर देता है और इस प्रकार उनके जल को पीछे की ओर रोक देता है। मेण्ट जोस नदी (New Brunswick) में ज्वार भाटा ११२ किलोमीटर (७० मील) ऊपर तक दौड़ जाता है और उसका अनुभव वहाँ तक होता है जहाँ नदी की ऊँचाई समुद्र-तल के माध्य से लगभग ४ मीटर (१४ फुट) ऊपर है। मेण्ट लारेंस नदी के ज्वार-नद-मगम (estuary—ज्वार मुहाना) से मीण्ट्रियल के समीप थ्री रिवर्स (Three Rivers) तक लगभग ८५६ किलोमीटर (२८३ मील) ऊपर तक ज्वार-भाटा का अनुभव किया जाता है।

सभी छोटी झीला में ज्वार भाटा जटिल एवं बड़ी झीलो तथा घिरे हुए सागरा में बहुत हलका होता है। उदाहरण के लिए, मिशीगन झील में ज्वार-भाटा केवल ५ सेण्टीमीटर (२ इंच) तक ही होता है। उन समस्त जल राशियों में जहाँ जल किसी स्कीण जनमाग द्वारा खुले सागर से जुड़ा होता है, ज्वार-भाटे बिल्कुल हलके होते हैं, जैसे टैक्सामा में गैलवेस्टन (Galveston) पर ज्वार-भाटा का अंतर ३० सेण्टीमीटर (१ फुट) से कम है।

अनक बंदरगाहों में, विशेषतः जहाँ पानी उथला होता है, जल का उठाव और गिराव जहाजों के आने जाने पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालने के लिए पर्याप्त होते हैं। भाटा के समय ऐसे बंदरगाहों में पहुँचने वाले जहाजों का बंदरगाह में भीतर जाने के लिए उच्च ज्वार की प्रतीक्षा करनी पड़ती है। ज्वार की धाराएँ या ज्वार की दौड़े (races—धावन) कभी-कभी इतनी बर्शासी होती हैं कि वे जहाजों के आने जाने में बाधा उपस्थित कर देती हैं। 'यूयाक' नगर के समीप हेलगेट (Hell Gate) में से होकर आने वाली दौड़ (race—धावन) इसका उदाहरण है।

ज्वार भाटा के कारण एवं उनका नियत समय पर आना (Periodicity and cause of tides)—एक के बाद दूसरा उच्च एवं निम्न ज्वार भाटा के बीच का समय पृथ्वी के चारा और चंद्रमा के स्पष्ट परिक्रमण के समय का लगभग आधा होता है। ऐसा प्रतीत होता है कि सम्भवतः यही एक ऐसा तथ्य था जिसने ज्वार भाटा और चंद्रमा की स्पष्ट गतियों के मध्य कुछ सम्बंध होने का सुझाव उपस्थित किया होगा। ऐसा मदेह किया जाता है कि लगभग २,००० वर्ष पहले यह सम्बंध नास्त था, यद्यपि लगभग २०० वर्ष पूर्व 'यूटन' के समय में पहले 'नोया' ने इसे भली भाँति समझा न था।

आकाशीय पिण्डों (heavenly bodies) के मध्य आकर्षण के नियम का वर्णन पहले ही किया जा चुका है। ज्वार भाटा की विस्तृत व्याख्या देने के प्रयास के बिना ही उससे सम्बंधित अनिवार्य मिथ्याता का मरसना में समझा जा सकता है। पहले हम चंद्रमा द्वारा उत्पन्न किये गये ज्वार भाटा के ऊपर विचार कर सकते हैं।

यदि किसी डोरी में एक भार बांध लिया जाए और भार को घुमाया जाए

तो डोरी पर खिंचाव (tension) उत्पन्न हो जाता है। भार निरन्तर आगे की ओर एक सीधी रेखा में बढ़ने का प्रयास करता है, किन्तु उसे ऐसा करने में डोरी से बाधा मिलती है। जिस वृत्त में डोरी उसको रखती है, भार की उससे अलग होने की प्रवृत्ति प्रायः अपकेन्द्रीय बल (centrifugal force) कहलाती है, यद्यपि वह केवल एक जड़ता (inertia—अचलता) है। डोरी का खिंचाव (तनाव) जो भार को रोकता है, एक अभिकेन्द्रीय बल (centripetal force) है। अतः तनी हुई डोरी दो विपरीत एवं समान शक्तियों द्वारा प्रभावित होती है।

पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की गति उपर्युक्त दृष्टान्त में डोरी के सिरे पर बंधे हुए भार की गति के ही समान होती है। डोरी के स्थान पर पृथ्वी का गुरुत्व का आकर्षण (attraction of gravitation) होता है और चन्द्रमा पृथ्वी के चारों ओर एक ऐसी गति से जाता है कि उसका अपकेन्द्रीय बल पृथ्वी के आकर्षण द्वारा ठीक सन्तुलित हो जाता है। परन्तु जिस केन्द्र के चारों ओर चन्द्रमा परिक्रमण (revolution) करता है वह पृथ्वी का केन्द्र नहीं होता, बल्कि वह पृथ्वी और चन्द्रमा के गुरुत्व का केन्द्र होता है। चूँकि पृथ्वी की स्थूलता चन्द्रमा की अपेक्षा ८० गुनी अधिक होती है, अतः दोनों पिण्डों के गुरुत्व का केन्द्र चन्द्रमा के केन्द्र की अपेक्षा पृथ्वी के केन्द्र के अधिक निकट है। वास्तव में यह पृथ्वी के तल के १,६०० किलोमीटर (१,००० मील) नीचे और पृथ्वी के केन्द्र से ४,८०० किलोमीटर (३,००० मील) दूर है (चित्र ५६६)। चन्द्रमा और पृथ्वी दोनों सूर्य के चारों ओर साथ-साथ यात्रा करते समय इस सामान्य केन्द्र के चारों ओर परिक्रमा करते हैं। पृथ्वी का केन्द्र गुरुत्व के सामान्य केन्द्र के चारों ओर ४,८०० किलोमीटर (३,००० मील) के अर्द्धव्यास के साथ एक वृत्त बनाता है, जबकि चन्द्रमा उसी बिन्दु के चारों ओर लगभग ३,७६,२०० किलोमीटर (२,३७,००० मील) के अर्द्धव्यास के साथ एक वृत्त बनाता है। यह धारणा भी स्पष्ट की जा सकती है कि यदि यह कल्पना कर ली जाए कि एक कठोर किन्तु अत्यन्त हलकी छड़ के विपरीत सिरे पर

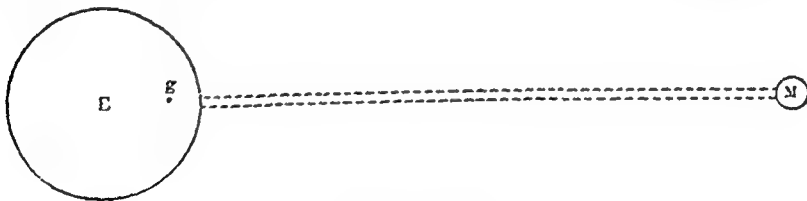


Fig. 596

Diagram showing the position of the center of gravity, g , of the earth-moon system.

दो अति असमान भार रखे हुए हैं। ये भार ऐसे हो सकते हैं कि यदि g के (चित्र ५६६) तदनुकूल (corresponding) बिन्दु को साधा जाए तो दोनों भार सन्तुलित हो जाएंगे। अब यदि इस जोड़े (E और M) को घुमाया जाए तो E का केन्द्र g के चारों ओर एक छोटे वृत्त में परिक्रमा करेगा, जबकि M का केन्द्र उसके चारों

और एक अत्यधिक बड़ वस्तु में परिवर्तन करेगा। चन्द्रमा की दशा में परिवर्तन का काल लगभग २८ दिन का है।

पृथ्वी और चन्द्रमा एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और यदि परिग्रहा द्वारा उत्पन्न एवं विकसित अपकेन्द्री प्रवृत्ति (centrifugal tendency) न हो तो दोनों साथ साथ गिर जाएंगे। एक पिण्ड में दूसरे पिण्ड की दूरी का निर्धारण (१) एक ओर उनके पारस्परिक आकर्षण, तथा (२) दूसरी ओर उनकी अपकेन्द्री प्रवृत्तियों के बीच के सन्तुलन द्वारा किया जाता है। पृथ्वी के केन्द्र पर और चन्द्रमा के केन्द्र पर यह सन्तुलन पूर्ण होता है। किन्तु पृथ्वी के उस पार्श्व पर जो चन्द्रमा से निकटतम होता है, पृथ्वी के केन्द्र पर की अपेक्षा चन्द्रमा का आकर्षण अधिक प्रबल होता है और अपकेन्द्री प्रवृत्ति से अधिक हो जाता है। अतः आकर्षण पृथ्वी को चन्द्रमा के नीचे बाहर की ओर उभारने का प्रयास करता है। पृथ्वी के विपरीत पार्श्व पर केन्द्र पर की अपेक्षा कम आकर्षण होता है, और वहाँ अपकेन्द्री प्रवृत्ति उससे अधिक हो जाती है। अतः यहाँ भी पृथ्वी में चन्द्रमा की भेदीय (differential) आकर्षण शक्ति के कारण उभार उत्पन्न होने की प्रवृत्ति होती है। पृथ्वी का ठोस भाग अनिवार्यतः कठोर है और उस पर चन्द्रमा के आकर्षण का इतना थोड़ा प्रभाव पड़ता है कि उसका अनुभव नहीं किया जा सकता है। किन्तु अब यह ज्ञात है कि पृथ्वी का ठोस भाग भी थोड़ा सा प्रभावित होता है, दूसरे शब्दों में, उसमें भी ज्वार-भाटा होता है। तल पर के जल अत्यधिक संचल (mobile—चंचल) होते हैं और चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण के विकृतकारी (distorting) प्रभाव से उनमें वैसे ही प्रतिक्रिया (respond) होती है, फलस्वरूप, पृथ्वी के विपरीत पार्श्वों पर जल बाहर की ओर उभर पड़ता है जिसके कारण पृथ्वी के व्यास का थोड़ा सा कोणीय अंतर (elongation) उत्पन्न हो जाता है, जो सैद्धांतिक रूप में चन्द्रमा की दिशा में होता है। जल के ये उभार उच्च ज्वार (high tides) होते हैं और उभार के गिरने को ही भाटे (low tides) कहते हैं। भाटे ज्वारा के बीच में उत्पन्न होते हैं।

चन्द्रमा के भेदीय आकर्षण की घटना का वर्णन जय प्रकार से भी किया जा सकता है। पृथ्वी के केन्द्र में चन्द्रमा के केन्द्र की दूरी लगभग ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) है। अतः पृथ्वी का वह पार्श्व जो चन्द्रमा के निकटतम होता है, चन्द्रमा के केन्द्र से लगभग ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) है, जबकि दूरतम पार्श्व लगभग ३,६०,४०० किलोमीटर (२,४६,००० मील) दूर है।

यदि चन्द्रमा के पुंज (mass) को १ मान लिया जाए तो पृथ्वी पर चन्द्रमा के औसत विचाव का $\frac{1}{24000000}$ म प्रकट किया जा सकेगा। वह भिन्न जो चन्द्रमा के निकटतम वाले पृथ्वी के पार्श्व पर चन्द्रमा के विचाव का प्रकट करती है, $\frac{1}{2360000}$ होगी और वह भिन्न जो विपरीत पार्श्व पर के विचाव को प्रकट

करती है, $\frac{1}{288000}^2$ होगी। पृथ्वी का ठोस भाग अनिवार्य रूप में एक इकाई के समान कार्य करता है, क्योंकि इसके खण्ड एक-दूसरे पर संचलन करने के लिए स्वतन्त्र नहीं होते हैं। अतः पृथ्वी के ठोस भाग पर चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति का प्रभाव वास्तव में वही होता है जो यह उस समय होता, यदि यह सम्पूर्ण रूप से पृथ्वी के केन्द्र के ऊपर पड़ता, अर्थात् वही जो पृथ्वी पर चन्द्रमा का औसत खिचाव, $\frac{1}{2800000}^2$ है।

चन्द्रमा के निकटतम पृथ्वी के पार्श्व पर के जल पृथ्वी के ठोस भाग पर पड़ने वाले औसत खिचाव की अपेक्षा अधिक प्रबल शक्ति द्वारा खिंच जाते हैं और वे थोड़ा उभर कर बाहर की ओर बढ़ते हैं। यहाँ चन्द्रमा के खिचाव की शक्ति $\frac{1}{236000}^2$ की भिन्न द्वारा प्रकट होती है और $\frac{1}{236000}^2 - \frac{1}{2800000}^2$ भिन्न चन्द्रमा की इसके निकटतम पृथ्वी के पार्श्व पर ज्वार-भाटा उत्पन्न करने की शक्ति को प्रकट करती है। पृथ्वी के विपरीत पार्श्व पर जल पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा चन्द्रमा से अधिक दूर है और इस कारण केन्द्र की अपेक्षा कम शक्ति से खिंचते हैं और उभर कर बाहर की ओर फूलने के लिए स्वतन्त्र होते हैं। गणित के अनुसार चन्द्रमा से अधिकतम दूरी पर पृथ्वी के पार्श्व पर खिचाव $\frac{1}{288000}^2$ होता है, और

वहाँ पर ज्वार-भाटा उत्पन्न करने की शक्ति $\frac{1}{2880000}^2 - \frac{1}{288000}^2$ होती है।

फलस्वरूप, पृथ्वी के विपरीत पार्श्वों पर जल का उभाग एक ही साथ होता है। ये उच्च ज्वार हैं। जहाँ ज्वार ऊँचे होते हैं उन स्थानों के बीच के मध्य जल उसी अवस्था में नीचा हो जाता है जिसे निम्न ज्वार (low-tide) कहते हैं।

ज्वार-भाटे को स्पष्ट कर सकना इतना कठिन है कि उनके कारण का एक और कथन यहाँ दिया जा रहा है :

“मान लो E (चित्र ५६७) पृथ्वी के केन्द्र को प्रकट करता है और M चन्द्रमा के केन्द्र को (चन्द्रमा की दूरी अत्यधिक कम कर दी गयी है)। पृथ्वी के तल पर P कण (particle) को विस्थापित (displace) करने की चन्द्रमा की प्रवृत्ति की कल्पना करो। मान लो EB दिशा और मात्रा (amount) में E पर (ठोस पृथ्वी) M की तीव्र गति (चन्द्रमा की तीव्र गति) को प्रकट करती है। उन्हीं इकाइयों में मान लो PA दिशा और मात्रा में P पर M की तीव्र गति को प्रकट करती है। चूँकि E और M की अपेक्षा P और M परस्पर अधिक समीप हैं, अतः निष्कर्ष यह निकलना है कि EB की अपेक्षा PA अधिक बड़ी है।

“मान लो PA गति (acceleration) को ऐसे दो भागों में बाँट दिया जाए

कि उनमें एक \overline{EB} के बराबर और समानान्तर हो जाए। चित्र में यह \overline{PK} है। दूसरे भाग का पता \overline{PA} का एक विकर्ण (diagonal) और \overline{PK} का एक भुजा मानकर और समानान्तर चतुर्भुज का पूरा करके लगता है। यह चित्र में \overline{PQ} है।

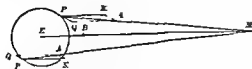


Fig 597

Diagram to illustrate the cause of tides
Explanation in text (From Moulton's
Introduction to Astronomy) By permission of The Macmillan Company)

P की मापक्षिक स्थितियों में परिवर्तन नहीं करनी है, और इसलिए ज्वार-भाटा उत्पन्न नहीं करती हैं। \overline{PQ} का शेष गति (acceleration—त्वरण) है, अन्य किसी के साथ नहीं जुड़ता है और सभी गति है जो ज्वार-भाटा उत्पन्न करती है।

‘कल्पना करें कि पृथ्वी के चारों ओर समस्त भाग में बिंदुओं के लिए चित्र प्रकाशित करें। ज्वार-भाटा का उत्पन्न करने वाली गतियाँ (accelerations) का प्ररूप करने वाली रखाएँ वैसी ही होगी जैसी चित्र ५९८ में दी गयी है। उनका खोजन की विधि विषय के बहुत गणितीय प्रतिपादन (mathematical treatment) का ज्यामितीय गणित सम्बन्धी प्रतिरूप (counterpart) है, और ज्वार भाटा के कारण का विस्तृत व्याख्या प्रस्तुत करने के लिए उस पर विश्वास किया जा सकता है।’¹

यदि सागर सावभौमिक होते तो ज्वार-भाटों का स्वरूप (Tides if the oceans were universal)—यदि पृथ्वी पूणतया एक गहरे महासागर से आच्छादित होती तो इसके तल पर एक साथ ही दो विस्तृत ज्वारभाटीय उभार आकर तरंगों उठती होती। प्रत्येक तरंग का उच्चतम भाग एक बिंदु होता जिसमें से एक चन्द्रमा के ठीक नीचे और दूसरा चन्द्रमा के ठीक विपरीत होता। प्रत्येक तरंग गोल की आधी होती और उनमें बिना जहाँ ज्वार निम्न (low tide) होता, वहाँ एक विशाल वृत्त में मिलते होते। इस वृत्त का

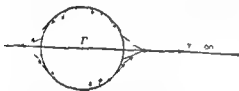


Fig 598

Diagram to illustrate tides (From Moulton's Introduction to Astronomy)
By permission of The Macmillan Company)

दाना गालाओं के उभाग के बीच एक द्राणिका (trough) के तुल्य कल्पित किया जा सकता है।

¹ Moulton, Introduction to Astronomy

पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की परिक्रमा (revolution) के समय की अपेक्षा पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का समय कुछ कम है। परिणाम यह होता है कि परिभ्रमण उच्च ज्वारों को उम स्थिति से आगे ले जाने का प्रयास करता है जो चन्द्रमा उनको प्रदान करना। चन्द्रमा उनको पीछे रोकने का प्रयास करता है, और इस कारण वे पृथ्वी के तल के चारों ओर पृथ्वी की परिभ्रमण की विपरीत दिशा में यात्रा करती हुई प्रतीत होती हैं। अतः कहा जाता है कि ज्वार-भाटे पीछे रह जाते हैं (चित्र ५६६)।

सिद्धान्त के अनुसार एक के बाद आने वाले दूसरे उच्च ज्वार के समय में 12° (१२ घण्टे) का अन्तर रहता है, और यदि केवल पृथ्वी के परिभ्रमण (rotation) का ही विचार किया जाए, तो किसी भी स्थान पर उच्च ज्वारों को प्रत्येक १२ घण्टे के बाद ही आना चाहिए। अधिक लम्बा काल (१२ घण्टे ३६ मिनट) पृथ्वी के चारों ओर अपनी कक्षा (orbit) में चन्द्रमा की आगे बढ़ने की गति का ही परिणाम होती है (चित्र ६००)।

ज्वार-ध्रुव (the tidal poles) दो ऐसे बिन्दु होते हैं जहाँ ज्वार का उत्थान एवं पतन (rise and fall) नहीं होता है। जब चन्द्रमा भूमध्यरेखा पर उदग्र (vertical) होता है तब यह देखा जाएगा कि उच्च ज्वार का उच्चतम बिन्दु निम्नतर भूमध्यरेखा पर होना चाहिए, और भाटे की स्थिति को अंकित करने वाला विषाल वृत्त भौगोलिक ध्रुवों (geographic poles) के मध्य से गुजरेगा। अतः जब तक चन्द्रमा भूमध्यरेखा पर उदग्र रहेगा तब तक ध्रुवों पर निम्नतर भाटा रहेगा। चाहे कोई भी अक्षांश हो, जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र है, एक ऐसा बिन्दु अथवा ज्वार-ध्रुव (tidal pole) होगा, जो उस अक्षांश से जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र है, 90° पर होगा, और वहाँ ज्वार-भाटे का उत्थान एवं पतन नहीं होगा। चूँकि वह स्थान जहाँ पर चन्द्रमा उदग्र रहता है, समय-समय पर भिन्न-भिन्न होना रहता है, अतः ज्वार-ध्रुवों की स्थिति भी बदलती रहती है।

उपर्युक्त ज्वार-भाटों की गतियों की मरलता अनेक बातों से बाधा पानी है, विशेषण (१) महाद्वीपों द्वारा, जो ज्वार-भाटों की तरंगों को रोक देते हैं, और (२) अनेक स्थानों में जल के उथले होने के कारण भी बाधा पहुँचती है। ज्वार की तरंग गहरे जल की अपेक्षा उथले जल में अधिक मन्दता से चलती है, और इसके भी वे ही कारण हैं जो अन्य तरंगों की बीसी गति के होते हैं। चूँकि इस प्रकार के ज्वार-भाटे महाद्वीपों एवं द्वीपों के निकट अधिकतम स्कावट पाते हैं, अतः ऐसे स्थानों में उनकी प्रगति (advance)

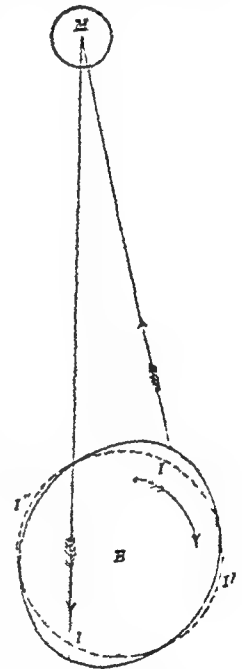


Fig. 599
Diagram to illustrate the lagging of the tides. (After Comstock)

समय अधिक अनियमित होती है। अनियमित ज्वार की तरफ भी प्रायः एक-दूसरे को रूकावट डालती है।

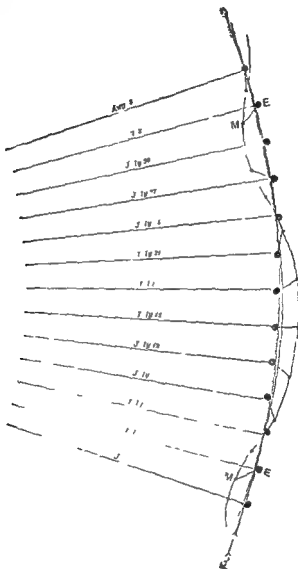


Fig 600

Diagram illustrating the motion of the moon about the earth. The larger circles represent the earth and the smaller ones the moon on the line which represents its orbit.

सूर्य सम्बन्धी ज्वार भाटा (Solar tides)—सूर्य भी पृथ्वी का अपनी आकाशगति करता है और ज्वार भाटा पैदा करने का प्रयास करता है। यदि चन्द्रमान होता तो हमको पृथ्वी पर केवल सूर्य द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे ही मिलते।

पृथ्वी से सूर्य की महान दूरी (प्रायः ९,३०,००,००० मील) के होते हुए भी सूर्य अपने विशाल आकार के कारण चन्द्रमा की अपेक्षा पृथ्वी को अत्यधिक प्रबलता से आकर्षित करता है। यदि चन्द्रमा का आकर्षण अधिक प्रबल होता तो पृथ्वी सूर्य की अपेक्षा चन्द्रमा के चारों ओर परिक्रमा (revolution) करती होती। किन्तु सूर्य का आकर्षण अधिक प्रबल होते हुए भी, उसमें चन्द्रमा की ज्वार उत्पन्न करने की शक्ति से कम ही है। उनके सापेक्षिक आकर्षणों का हिसाब लगाना कठिन नहीं है। यदि चन्द्रमा का पुंज (mass) १ मान लिया जाए तो सूर्य का पुंज २,६६,४८,००० है। यदि केवल पुंज का ही विचार किया जाए, तो सूर्य पृथ्वी को चन्द्रमा की अपेक्षा २,६६,४८,००० गुनी अधिक शक्ति से आकर्षित करेगा। सूर्य पृथ्वी से चन्द्रमा की अपेक्षा लगभग ३८९ गुना अधिक दूरी पर है। यदि केवल दूरी का ही विचार किया जाए, तो इस कारण से इसका खिंचाव चन्द्रमा के खिंचाव का $\frac{1}{389}$ ($= 1/151321$) होना चाहिए अर्थात् $1/151321 \times 26648000 =$ लगभग १७५। अर्थात् चन्द्रमा जिस शक्ति से पृथ्वी को खींचता है उसकी १७५ गुनी अधिक शक्ति से सूर्य पृथ्वी को खींचता है।

यह देखा जा चुका है कि चन्द्रमा द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे पृथ्वी के केन्द्र पर और चन्द्रमा के निकटतम एवं उससे दूरतम भागों पर चन्द्रमा के खिंचाव के बीच के अन्तर के कारण होते हैं। इसी प्रकार कोई भी ज्वार-भाटा जिसे सूर्य उत्पन्न करता है, उस अन्तर के कारण ही होना चाहिए जो पृथ्वी के केन्द्र पर और उससे निकटतम एवं उसमें दूरतम पार्श्वों पर सूर्य के खिंचाव के बीच पाया जाता है।

सूर्य के निकटतम और उसमें दूरतम पृथ्वी के पार्श्व, सूर्य से पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा ६,४०० किलोमीटर (४,००० मील) अधिक समीप और ६,४०० किलोमीटर (४,००० मील) अधिक दूर है, किन्तु ६,४०० किलोमीटर (४,००० मील) १४,६८,००,००० किलोमीटर (९,३०,००,००० मील) का उस भाग की अपेक्षा एक अत्यन्त छोटा भाग है जो वह ३,८४,००० किलोमीटर (२,४०,००० मील) का है। अतः पृथ्वी के केन्द्र पर और उसके सूर्य से निकटतम पार्श्व पर पड़ने वाली सूर्य की आकर्षण शक्ति के बीच का अन्तर उन्हीं विन्दुओं पर चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति के बीच के अन्तर की अपेक्षा अति छोटा है। दूसरे शब्दों में, सूर्य का भेदीय खिंचाव चन्द्रमा के भेदीय खिंचाव की अपेक्षा कम है। अतः चन्द्रमा के ज्वार सूर्य के ज्वारों की अपेक्षा ऊँचे होते हैं। उनका अनुपात $0.0342 \cdot 0.0151$ है। यदि सूर्य पृथ्वी के उतने समीप होता जितना कि चन्द्रमा है, तो उसके ज्वार का प्रभाव अब की अपेक्षा पर्याप्त रूप में अधिक विशाल होता।

कुछ ज्वार-भाटे चन्द्रमा और सूर्य के संयुक्त (combined) प्रभाव के कारण होते हैं, किन्तु चन्द्रमा द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे अधिक प्रबल होते हैं, अतः सूर्य द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटे उनको केवल आपरिवर्तित (modify) करने का कार्य करते हैं। जब सूर्य और चन्द्रमा दोनों साथ-साथ कार्य करते हैं, तब सूर्य का प्रभाव ज्वार-भाटे

का बल प्रदान करता है, और जब व एक दूसरे के विरुद्ध काय करत है, तो यह उनका दुर्बल बनाता है।



Fig 601

Diagram to illustrate the relative positions of earth, moon, and sun at the time of new moon Spring tide

बृहत् ज्वार और लघु भाटा (Spring tides and neap tides)—जब सूर्य और चन्द्रमा परस्पर और पृथ्वी के साथ चित्र ६०१ (नया चन्द्रमा) में दिखायी गयी स्थिति के समान स्थित होत हैं, तो प्रत्येक एक ही स्थान पर उच्च ज्वार

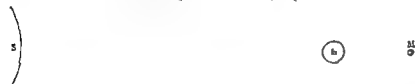


Fig 602

Diagram to illustrate the relative positions of earth moon, and sun at the time of full moon Spring tide It is not to be inferred, from Figs 601 and 602, that the earth is nearer the sun at the time of full moon, than at the time of new moon

(high tides) उत्पन्न करने का प्रयत्न करता है। जब उनके पारस्परिक सम्बन्ध उम्र प्रमाण के हान्त है जैसा चित्र ६०२ (पूर्ण चन्द्रमा) में दिखाया गया है, ता भी परिणाम वही होता है। इन मासिक अवसरा पर उच्च ज्वार अधिक ऊँचे होत हैं और भाट जिन नीचे हान्त हैं। ऐसे अवसरा के ज्वार भाट बृहत् ज्वार (spring tides) कहलात हैं। अतः बृहत् ज्वारा का धर्मत ऋतु (spring season) के साथ कोई सम्बन्ध नहीं होता है।

जब पृथ्वी, चन्द्रमा और सूर्य चित्र ६०३ में दिखायी गयी मापक्षिक स्थितियों में स्थित हान्त हैं (यह दशा प्रत्येक मास में दो बार होती है), तब सूर्य एवं चन्द्रमा के ज्वारीय प्रभाव एक-दूसरे के विरुद्ध हान्त हैं जिसका प्रभाव यह होता है कि उच्च ज्वार उतने ऊँचे नहीं हान्त हैं और न भाट ही उतने नीचे होत हैं जितने कि अग्र दशाओं में हुआ करत हैं। इस अवसरा के ज्वार-भाट लघु भाटा (neap tides) कहलात हैं।

उच्च ज्वारों की ऊँचाई में अग्र विभिन्नताएँ (Other variations in the height of high tides)—उच्च ज्वारा की ऊँचाई में विभिन्नता के जनक अग्र

गहराई का होना, उच्च ज्वार पर उच्चतम बिंदु B पर होगा। एक पाश्वर पर A से, और दूसरे पर B से उच्च ज्वार की ऊँचाई समान दिशाओं में कम होनी जानी है। A' बिंदु पर उच्च ज्वार उसी समय होता है जबकि A और B पर होता है किन्तु A' पर ज्वार उतना ऊँचा नहीं होता है जितना A पर होता है। वास्तव में (और २६ मिनट) पश्चात् A बिंदु चंद्रमा के अनुसार वही स्थिति रहेगा जो अब A' बिंदु रखता है। इसका कारण पृथ्वी का परिभ्रमण (rotation) और चंद्रमा का परिभ्रमण (revolution) है। उच्च ज्वार जो A पर उस समय होगा जबकि यह बिंदु A' स्थिति में पहुँच जाए, उतना ऊँचा नहीं रहेगा जितना कि वह वहाँ तब था जबकि यह A स्थिति में था। इसी प्रकार वह उच्च ज्वार जो बिंदु A' पर उस समय होगा जबकि यह स्थिति A में पहुँच जाए वह ज्वार उसी स्थान पर पहले उच्च ज्वार की अपेक्षा अधिक ऊँचा भी होगा। इस कारण से होने वाली दैनिक विभिन्नता की मात्रा प्रायः पर्याप्त होना है। कम से कम स्थानीय रूप में तो यह कई मीटर होता है। यह ध्यान रखना चाहिए कि यह भिन्नता उस समय नहीं होगी जबकि चंद्रमा भूमध्यरेखा पर उदय होता है, क्योंकि तब उसी समानांतर 180° की दूरी पर स्थित स्थान उपासीय तरंग के उच्चतम भागों के साथ एक ही सम्बन्ध में स्थित रहेंगे।

उच्च ज्वार की ऊँचाई में मासिक विभिन्नताएँ कम उल्लेखनीय (notable) होती हैं। उनमें से एक तो पृथ्वी में चंद्रमा की दूरी में परिवर्तन होने के कारण होती है। यह दूरी अपनी अधिकतम दशा से लगभग दो मीलों तक कम होती

Moon Farthest
North of Equator

Moon Over
the Equator

Moon Farthest
South of Equator

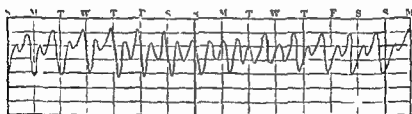


Fig 605

Diurnal inequality of the tides at San Francisco The space between the vertical lines represents a day The several crests of the curves represent high tides and the troughs low tides Successive high tides are seen to be of very unequal heights except at the time when the sun is vertical at the equator

रहती है और तब अपनी यूनान दशा से लगभग उसी समय तक बढ़ती रहती है। पृथ्वी से चंद्रमा की दूरी में पड़ने वाली भिन्नता ज्वार की ऊँचाई में न ब

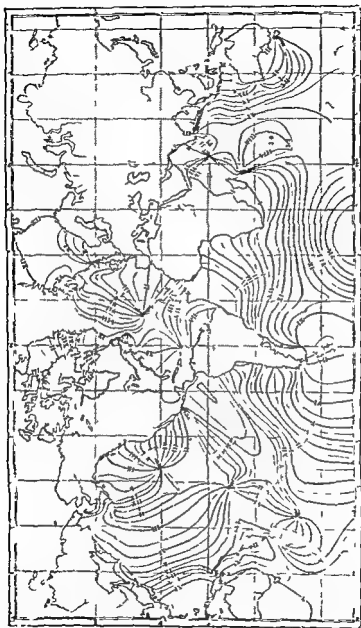


Fig 606

Tidal lines for the world (Nat Geog Mag, June, 1906)

तरगे करती है। ज्वारीय धाराओं द्वारा द्वीपों के मध्य और जल-संयोजकों (straits—जल-सन्धियों) में किये जाने वाले अपक्षरण (erosion) का प्रसंग पहले आ चुका है। ज्वारीय दलदलों के बीच, जिन तक खाड़ियों में होकर ज्वार-भाटे की पहुँच होती है, ज्वारीय घिमाव आने-जाने के मार्गों को खुला रखता है। इसके उदाहरण न्यूज़रसी के तट पर पाये जाते हैं। कुछ खाड़ियों में ज्वारीय घिसाव गहरे जलमार्गों को भी बनाये रखता है जिससे नाव चलाने में बड़ी सुविधा रहती है।

जीवन—तलछट—सम्बन्ध (LIFE—SEDIMENTS—RELATIONS)

सागर पीछा एक प्राणियाँ स भरा हुआ है। प्रायः सबत्र तल पर एक तल के समीप और उथले जल में नितल पर, जीवा की भरमार है। गहरे सागर के नितल पर भी जीव भिन्नत है, यद्यपि वहाँ जीवा की अधिकता नहीं होती है, सागर के तल से १०० फीट नीचे तथा नितल के बीच की मध्यवर्ती विशाल जलराशि में भी जीव पाये जाते हैं किन्तु वहाँ उनकी संख्या अधिक नहीं होती है। यह अनुमान किया गया है कि एक वर्ग किलोमीटर (वर्ग मील) क्षेत्र में समुद्री जीव उतने ही वर्ग किलोमीटर में स्थल पर के जीवा से अधिक होते हैं, किन्तु फिर भी, सम्भवतः समुद्र का ऐसा कोई एक स्तर नहीं होता जहाँ स्थल के उपजाऊ भागों के तनों की भाँति जीव पर्याप्त मात्रा में मिलते हैं। मर (Murray) ने अनुमान लगाया है कि सागर के जल के सबसे ऊपर के १०० फीट जल में जीवा की कबूचा के लाइम कार्बोनेट का भार लगभग २½ वर्ग किलोमीटर (१ वर्ग मील) में १६ टन का होता है। यह भार किसी जंगली भूमि पर लगभग २½ वर्ग किलोमीटर (१ वर्ग मील) वनस्पति एक जीवा के जीवन के भार की अपेक्षा अत्यन्त कम है।

सागर के जल में स्थित जीवन की अधिकता को अनेक प्रकार से भी दिखाया जा सकता है। यदि महासागर के तल में चाहें वही से भी, एक बाल्टी पानी भर लिया जाए तो यह देखा जा सकता है कि उसमें सैकड़ों ही नहीं बल्कि हजारों छोट छोट जीव विद्यमान होते हैं, यद्यपि उनमें से अधिकांश इतने छोटे होते हैं कि वे कमजोर आँखों से नहीं देखे जा सकते हैं।

सागर के वनस्पति जीवन का वितरण प्राणी जीवन के वितरण से कुछ भिन्न है। सागर के लगभग सम्पूर्ण तल पर और लगभग ५० फीट की गहराई तक नीचे नितल पर वनस्पति जीवन की प्रचुरता (अधिकता) होती है। जहाँ परिस्थितियाँ अनुकूल होती हैं वहाँ यह जीवन कुछ-कुछ कम घन रूप में लगभग २०० फीट की गहराई तक नीचे पाया जाता है, किन्तु सम्भवतः सूर्य के प्रकाश की कमी के कारण, कुछ गमी गहराई के नीचे उसका अभाव ही होता है।

विभिन्न प्रकार के सागर जीवन के वितरण को प्रभावित करने वाले सबसे अधिक महत्वपूर्ण भौतिक कारण ये हैं (१) तापमान, और (२) जल की गहराई। इनके अनिवार्य अनेक कम महत्वपूर्ण कारण—(३) स्वच्छता

(४) लवणता का अंश, (५) गान्ति अथवा खुरदरापन (roughness), और (६) हिम की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति, हैं। विभिन्न प्रकार के जीवनों के आपसी सम्बन्ध भी महत्त्वपूर्ण होते हैं। उनमें से कुछ भोजन के लिए अन्य जीवों पर निर्भर रहते हैं, कुछ अन्य जीवों के शत्रु होते हैं, और कुछ में एक ही प्रकार के भोजन के लिए होड़ लगी रहती है।

उपर्युक्त कारकों में से अधिकांश कारक जिस प्रकार से जीवन के वितरण को प्रभावित करते हैं, उसको (वितरण को) जीव ही समझ सकने के लिए वितरण के उन कारकों की तुलना उन कारकों से करनी होगी जो स्थल पर के जीवन के वितरण को नियन्त्रित करते हैं। परन्तु 'जल की गहराई' एक ऐसा कारक है जो स्थल के जीवन के वितरण को नियन्त्रित करने वाले कारकों में नहीं होती है। स्थल जीवन प्रायः स्थल के तल तक ही सीमित होता है, जबकि समुद्र जीवन में एक विस्तृत उदग्र अन्तर मिलता है। जल की गहराई उन वनस्पतियों एवं जीवों के वितरण को प्रभावित करती है जो नितल पर टिके होते हैं, किन्तु तल पर अथवा उसके निकट उतगने (float) अथवा तैरने वालों के विस्तार पर इसका कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

गहराई का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण प्रभाव प्रकाश के जल में प्रवेश करने तथा ऑक्सीजन की पूर्ति (supply) के सम्बन्ध में प्रतीत होता है। जल प्रकाश को इतनी जीव्यता से अपने में लेता है कि लगभग ५० फीट की गहराई पर लगभग अन्धकार हो जाता है और इस गहराई से नीचे न के बराबर प्रकाश जा पाता है, और महासागर की विनाल राशि में अन्धकार का साम्राज्य है। किसी भी प्रकार की वनस्पति जो प्रत्यक्ष रूप से सूर्य के प्रकाश पर निर्भर होती है, अन्धकार में नहीं रह पाती। इसमें नभी प्रकार की हरी वनस्पतियाँ तथा कुछ अन्य वनस्पतियाँ सम्मिलित हैं। मागर के नितल पर भी कोई हलचल नहीं होती और जितनी भी ऑक्सीजन वहाँ पायी जाती है वह पहले तल के जल में मिलती है और तत्पश्चात् वहाँ से नीचे की ओर पहुँचती है; और जैसे-जैसे जल के जीवों द्वारा प्रयोग में आती जाती है, वैसे ही वैसे ऊपरी विसरण (diffusion) द्वारा इसकी पूर्ति निरन्तर बनी रहती है; किन्तु यह एक अनि मन्द क्रिया होती है।

चूँकि मागर के जीवों अथवा जीवन के वितरण को प्रभावित करने वाले अनेक कारकों में पर्याप्त भिन्नता पायी जाती है, अतः नाना प्रकार के जीवों के वितरण में भी पर्याप्त भिन्नता मिलती है। कुछ जीव, जैसे कि मूँगे के कीड़े, उन ओष्ण (warm) प्रदेशों तक ही सीमित होते हैं जहाँ जल उथला, स्वच्छ और सामान्यतः खारी होना है, जबकि अन्य जीव, जैसे कि ह्यूल्स, सील आदि (मछलियाँ) केवल शीत जल में ही पाये जाते हैं। इनके अतिरिक्त अनेक अन्य जीव तापमान के विनाल अन्तरों के साथ-साथ स्थान-स्थान पर फैले हुए हैं।

सागरों का वनस्पति जीवन अक्षांश के साथ स्थल के वनस्पति जीवन तथा सागर के जीवधारियों के जीवन की अपेक्षा कम परिवर्तित होता है।

सागर का जीवन अनवरत बानो म स्थिर व जीवन के साथ अति विरोधी होता है। उदाहरण के लिए, हम स्थल के जिन पौधा से परिचित हैं उनमें से अधिकांश की स्थिति निश्चित है जबकि सागर के अनवरत पौधे तैरते रहते हैं। स्थिर पत्र के अधिकांश जीवधारी इधर उधर घूमने फिरने के लिए स्वतंत्र होते हैं, किन्तु सागर के जीवा का एक अति विचाराणीय अनुपात जीवन के अधिकांश काल में स्थिर ही रहता है, मूँगे के कोड़े, मण्डावर (barnacles) प्रदण्डभुज (crinoids) आदि इसके उदाहरण हैं। इनके प्रतिरुद्ध अनेक अन्य जीव यद्यपि स्थिर नहीं होते हैं तथापि इधर उधर जाने भी नहीं दे, वे या तो नितर पर पड़े रहते हैं या उसके नीचे बिल खोदते रहते हैं। इसके विपरीत, कुछ जीव ऐसे भी होते हैं जो इधर से उधर का चलते रहते हैं, जैसे तल के जल में रहने वाले अधिकांश जीव, जैसे जीवत को तटीय जीवन (pelagic life—तलप्रायी जीवन) कहा जाता है।

महासागर के नितल पर जल का दबाव अति विशाल है, किन्तु वहाँ पर रहने वाले जीव इस दबाव को सहन कर लेते हैं क्योंकि उनके तन्तु (tissues) समान उच्चदाब की स्थिति में तरल पदार्थों (liquids) से भरे होते हैं और ये उच्च भीतरी दबाव बाहरी दबाव को संतुलित कर देते हैं। यदि कोई जीवधारी गहरे सागर के नितल में अचानक ही एकदम तल पर लाया जाए तो वह शीघ्र ही फट जाएगा। गहरे सागर में जीवा को ऊपर उठाने में वास्तव में ऐसा तब भी हाँ चुका है जबकि उसका ऊपर जान की क्रिया किसी भी प्रकार आकस्मिक नहीं थी।

गहर सागर में रहने वाले प्राणियों की कुछ उत्पत्तनीय विचित्रताएँ होती हैं। कुछ अंगे होते हैं किन्तु कुछ की आँखें होती हैं जिनमें वे देख सकते हैं। यह कल्पना की गयी है कि जानवरों की स्फुर दीप्ति (phosphorescence—अनेक प्रकार के रंग) स्वयं उनको प्रकाश प्रदान करती है। गहरे सागर के जीवा में ये कुछ जीव मजे हुए हात हैं यह एक ऐसा तथ्य है जिसकी कोई तबसगन ध्याय्या समझ में तब तक नहीं आती है जब तक कि उस सजावट (ornamentation) को देखा न जाए।

सागर के जल में प्राणी जीवन के समस्त महान समूहों के उदाहरण मिलते हैं। दूध चूसने वाले व जीव भी जिनका खून गरम होता है (warm blooded mammals) (जैसे हेलम नरहेल्म मील्म बालरम आदि), उष्ण की तैरती बूढ़ बादरा (ice floes) एवं उष्ण के मण्डा (ice-burges) के बीच के शीतल जल में भी अधिकांश में पाए जाते हैं। इन जानवरों में से कुछ जैसे कि मीन जीव वातरम अपना सब समय जल में ही स्थित नहीं करते हैं, बल्कि वे प्रायः तैरती हुई चरफ के मण्डा (ice floes) के ऊपर अपने का गरम करने और धूप में माने के लिए मरफ आते हैं। जीवधारियों की इस उच्चतम श्रेणी (mammals—स्तनी) में लेकर निम्नतम श्रेणी के जीवा तक प्राणी जगत का प्रत्येक महत्वपूर्ण उप विभाग (sub-division) जल में पाया जाता है। यद्यपि कोई भी पक्षी अपना सम्पूर्ण समय जल में नहीं बिताता है। वनस्पति जगत की विभिन्नताएँ भी महान होती हैं,